awa fakten

Zustand der Kleinseen

AWA Amt für Wasser und Abfall
OED Office des eaux et des déchets

Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion
des Kantons Bern
Direction des travaux publics, des transports
et de l'énergie du canton de Berne

September 2015

Impressum

Herausgeber:
Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern
Amt für Wasser und Abfall AWA
Gewässer- und Bodenschutzlabor GBL

Autoren:
Katrin Guthruf
Vinzenz Maurer
Rico Ryser (Sedimente)
Markus Zeh
Noemi Zweifel (Makrozoobenthos)

Mitarbeit:
Sarah Aellen, Praktikantin
Daniel Scheidegger
Elmar Scheiwiller

Chemische Analytik:
Gewässer- und Bodenschutzlabor GBL

Detaildaten:
AWA Amt für Wasser und Abfall
Gewässer- und Bodenschutzlabor GBL
Schermenweg 11
3014 Bern
Tel. 031 634 23 80
Email: info.gbl@bve.be.ch

www.be.ch/awa > Gewässerqualität > Seen

Bern, September 2015

Titelbild:
Amsoldingersee (Foto: Noemi Zweifel)

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung ... 3
2. Auftrag ... 4
3. An wen richtet sich der Bericht ... 4
4. Untersuchte Kleinseen ... 5
5. Kriterien für die Beurteilung des Zustandes ... 5
6. Ergebnisse ... 7
   6.1 Phosphor ... 7
   6.2 Sauerstoff ... 7
   6.3 Chlorophyll a ... 8
   6.4 Phytoplankton ... 9
   6.5 Zooplankton ... 12
   6.6 Mikroverunreinigungen ... 16
   6.7 Sedimente ... 19
   6.8 Makrozoobenthos ... 20
7. Gewässerraum ... 23
8. Handlungsbedarf ... 25
9. Seespezifische Auswertungen und Datenanhänge ... 26
   - Burgseeli ... 27
   - Amsoldingersee ... 35
   - Uebeschisee ... 43
   - Gerzensee ... 52
   - Dittligsee ... 61
   - Lobsigensee ... 69
   - Grosser Moossee ... 77
   - Burgäschisee ... 86
   - Inkwilersee ... 95
   - Oeschinensee ... 105

1. Zusammenfassung

Nach 1993 und 2003 wurde im Jahr 2013 eine Auswahl von 10 Kleinseen zweimal bis viermal beprobt. Der Oeschinensee diente als Referenzgewässer. Neben chemisch-physikalischen Tiefenprofilen wurden Nährstoffe, Mikroverunreinigungen sowie das Phyto- und Zooplankton analysiert. Im Seesediment wurden Schwermetalle sowie das Vorkommen und die Artenzusammensetzung der Bodenfauna untersucht.
Trotz diverser getroffener Massnahmen in der Siedlungsentwässerung, der Landwirtschaft und der Ortsplanung ist eine Verbesserung des Zustands bei keinem der Gewässer ersichtlich. Die im landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet liegenden Kleinseen sind produktiver als ihr berechneter Referenzzustand. Insbesondere sind die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung (GSchV) für Sauerstoff bei den geschichteten Seen nicht erfüllt. Eine Beurteilung der Gewässergüte anhand des Phytoplanktons zeigt ebenfalls eine zu starke Biomasseproduktion. Die Artenzusammensetzung und Häufigkeit der Bodenfauna (Makrozoobenthos) widerspiegeln die schlechten Sauerstoffverhältnisse und dokumentieren den Lebensraumverlust für Wasserlebewesen in den tieferen Wasserschichten während der Sommer- und Herbstmonate.

Eine Reduktion der Primärproduktion (des Algenwachstums) ist nur möglich, wenn den Algen weniger Nährstoffe zur Verfügung stehen. Ohne aufwändige technische, seeinterne Massnahmen (wie Belüftung, Zwangszirkulation) lässt sich die Rücklösung von Nährstoffen aus dem Sediment, also die Eigendüngung, als einer der beiden Treiber mittelfristig nicht verhindern. Auch wenn die externe Nährstoffzufuhr (als zweiter Treiber) massiv reduziert würde, was auf Grund der landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet vieler Seen ein optimistisches Szenarium ist, würde es wahrscheinlich Jahrzehnte dauern, bis die heute sehr produktiven Seen sich wieder ihrem natürlichen Zustand annähern. Die natürliche Entwicklung der Verlandung und schlussendlich der Übergang der offenen Seeflächen in Feuchtgebiete oder Flachmoore wird sich in den nächsten Jahrzehnten beschleunigen. Die Zukunft vieler seichter Kleinseen im intensiv genutzten Mittelland beurteilen wir daher mittel- bis langfristig als ungewiss. Ebenso die Auswirkungen der Klimaveränderung mit erhöhten Temperaturen und verändertem Niederschlagsregime.

Eine ökotoxikologische Beurteilung der in den Kleinseen gefundenen Pestizide und Transformationsprodukte zeigt zwar, ausser beim Inkwilersee, eine durchwegs gute Wasserqualität. Die z.T. hohen Konzentrationen von Transformationsprodukten widersprechen allerdings sowohl dem Vorsorgeprinzip wie auch Anhang 1 der Gewässerschutzverordnung *. Der Nationale Aktionsplan Pflanzenschutzmittel, welcher derzeit in Bearbeitung ist, wird Massnahmen zur Risikominderung der eingesetzten Pestizide aufzeigen. Die Erkenntnisse aus dem Aktionsplan müssen in den nächsten Jahren auf allen Stufen und in sämtlichen Bereichen umgesetzt werden. Die Belastung durch häusliche Abwässer ist durch technische Massnahmen in der Siedlungsentwässerung zu minimieren.

Im vorderen Teil des Berichts sind seeübergreifende Resultate und Interpretationen enthalten. Im hinteren Teil seespezifische Daten und Auswertungen.

* Anhang 1, Ziffer 1, Abs 3, Buchst. C GSchV
[3] Die Wasserqualität soll so beschaffen sein, dass:
c. andere Stoffe, die Gewässer verunreinigen können und die durch menschliche Tätigkeit ins Wasser gelangen können,
- im Gewässer nur in nahe bei Null liegenden Konzentrationen vorhanden sind, wenn sie dort natürlicherweise nicht vorkommen.

2. Auftrag

Die Kantone sind nach Gewässerschutzgesetz verpflichtet, die Öffentlichkeit über den Zustand der Oberflächengewässer zu informieren. Bei der grossen Anzahl von Seen im Kanton Bern (mehr als 110 stehende Gewässer mit einer Fläche grösser als eine halbe Hektare) müssen für diesen Auftrag Prioritäten gesetzt werden. Die drei grossen Berner Seen Brienzer-, Thuner- und Bielersee werden regelmässig untersucht. Die übrigen, kleineren Seen können, wenn überhaupt, nur sporadisch beprobt werden. Eine Ausnahme bilden die beiden Mittellandseen und Grenzgewässer Inkwiler- und Burgäschisee, welche seit Jahren halbjährlich durch die beiden Kantone Bern und Solothurn gemeinsam untersucht werden.
Es sind oft die kleinen Stillgewässer, welche in der Natur- und Kulturlandschaft wichtige Lebensräume und ökologische Trittsteine für eine Vielzahl von Pflanzen und Tieren darstellen. Als Landschaftselemente und Erholungsräume haben sie zudem eine Bedeutung auch für den Menschen. Kleinräumig betrachtet können daher diese Gewässer für uns Menschen und die Natur ebenso wichtig sein, wie die drei grossen Seen für das Berner Oberland oder das Seeland. Eine periodische Überwachung und Zustandserhebung von kleinen Gewässern ist daher sinnvoll und im Interesse der Öffentlichkeit.

Gemäss Monitoringkonzept wird eine repräsentative Auswahl von Kleinseen alle 10 Jahre beprobt. Der Zustand der im Jahre 2013 untersuchten Kleinseen wurde letztmals in den Jahren 1993/94 und 2003 vom Gewässer- und Bodenschutzlabor erhoben. Erstmals wurden 2013 im Rahmen einer Praktikumsarbeit Makrozoobenthos-Untersuchungen, als Ergänzung zum Plankton und den chemisch-physikalischen Messungen, durchgeführt. Ein Schwerpunkt der chemischen Analytik lag, zusätzlich zu den klassischen Nährstoffparametern, bei einer breiten Palette von Pestiziden und Mikroverunreinigungen sowie deren Transformations-produkten.

Die Kleinseen wurden im Jahr 2013 viermal beprobt, der Oeschinensee dreimal. Damit kann der Zustand dieser Gewässer ausreichend gut beurteilt werden. Da kleine stehende Gewässer jedoch im Verlauf des Jahres bezüglich Nährstoffeintrag, Temperaturverhältnisse und Algenproduktion stark variieren, kann mit dieser beschränkten Anzahl Probenahmen nicht die ganze Dynamik dieser Ökosysteme erfasst werden.

3. An wen richtet sich der Bericht

Die hier zusammengefassten Daten und Informationen sollen einer interessierten Öffentlichkeit und insbesondere auch den Anlieger-Gemeinden den Zustand der Seen auf ihrem Gebiet aufzeigen. Der Bericht informiert über den Nutzungsdruck im Einzugsgebiet und die Auswirkungen auf das Gewässer. Er soll den lokalen und regionalen Entscheidungs-trägern den Handlungsbedarf aufzeigen, Hilfestellung bei Planungen bieten und mögliche Massnahmen zu einer Verbesserung des Seezustandes vorschlagen. Fachstellen des Kantons und deren Beauftragten sowie weiteren Interessierten soll der Bericht bei der Erarbeitung von Massnahmen innerhalb der gegebenen Rahmenbedingungen Unterstützung bieten.
Detaildaten zur Chemie und Biologie der einzelnen Seen sind beim Gewässer- und Bodenschutzlabor (GBL) auf Anfrage erhältlich.

4. Untersuchte Kleinseen

Tab. 1: Kennzahlen der untersuchten Kleinseen.

	SeeID	Fläche	maximale Tiefe	Volumen	Höhe des Seespiegels ü.M.	Fläche Einzugs-gebiet	Landwirtschaft am Einzugsgebiet
Burgseeli	BUR	0.05 km^2	19.1 m	449 638 m^3	613 m	0.72 km^2	27%
Amsoldingersee	AMS	0.38 km^2	13.9 m	2 552 682 m^3	641 m	4.2 km^2	72%
Uebeschisee	UEB	0.14 km^2	14.7 m	1 020 657 m^3	641 m	1.25 km^2	75%
Dittligsee	DIT	0.06km^2	16.4 m	412 562 m^3	652 m	0.39 km^2	60%
Gerzensee	GER	0.25 km^2	10.7 m	1 443 054 m^3	603 m	2.73 km^2	67%
Moossee	MOG	0.3 km^2	21.1 m	2 950 858 m^3	521 m	20.81 km^2	58%
Burgäschisee	BAE	0.2 km^2	30 m	2 784 114 m^3	465 m	3.83 km^2	55%
Lobsigensee	LOB	0.02 km^2	2.5 m	21 953 m^3	514 m	0.93 km^2	84%
Inkwilersee	INK	0.1 km^2	5 m	210 277 m^3	461 m	4.68 km^2	65%
Öschinensee	OES	1.15 km^2	56 m	37 420 336 m^3	1578 m	22.08 km^2	4%

5. Kriterien für die Beurteilung des Zustandes

Die Kenntnis der natürlichen Bioproduktion (des Trophiegrades) ist eine Voraussetzung, um die langfristige Entwicklung des Seezustands interpretieren zu können. In der GSchV sind zudem Anforderungen formuliert, welche sich auf die natürlichen Verhältnissen der stehenden Gewässer abstützen. Der natürliche Trophiegrad wurde im vorliegenden Bericht nach der LAWA-Methode (1998) auf Grund morphometrischer Kenngrössen berechnet und weicht bei einigen Seen von Literaturangaben ab (Tab. 2).

Massgebend für die Beurteilung von stehenden Gewässern sind die Anforderungen und ökologischen Ziele der Gewässerschutzverordnung (GSchV). Während darin für Sauerstoff numerische Anforderungen formuliert sind, macht die GschV für andere Stoffe nur qualitative Vorgaben. Eine mit dem Modul-Stufen-Konzept für Fliessgewässer vergleichbare Beurteilung für Seen fehlt in der Schweiz bisher. Die deutsche LAWA-Methode (1998) stützt sich bei Ihrer Bewertung auf Phosphor-, Chlorophyll- und Sichttiefenwerte ab und vergleicht den berechneten Trophieindex des Ist-Zustandes mit einem Referenzzustand.

Eine Klassierung des trophischen Ist-Zustandes von stehenden Gewässern nach LAWA war jedoch nicht möglich, da keine Chlorophyll a-Daten vorliegen. Die vorhandenen Fluoreszenz-daten geben zwar Hinweise auf das Ausmass und die tiefenabhängige Dynamik der Photo-synthese, liefern aber nur Schätzwerte für Chlorophyll a. Diese Abschätzung erlaubt keine verlässliche Indexberechnung.

Im vorliegenden Bericht wurden daher, um ein umfassendes Bild des Seezustandes zu erlangen, verschiedene Parameter beigezogen:

- Phosphorgehalt
- Biomasse des pflanzlichen Planktons (Algen), Artenzusammensetzung
- Biomasse eines Teils des tierischen Planktons (Kleinkrebse), Artenzusammensetzung
- Sauerstoffgehalt in verschiedenen Wassertiefen zu unterschiedlichen Jahreszeiten
- Sichttiefe (Secchitiefe)
- Schwermetalle im Sediment
- Makrozoobenthos
- organische Spurenstoffe

LAWA (1998): Gewässerbewertung stehender Gewässer. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.

Tab. 2: Berechneter natürlicher Trophiegrad nach Kenngrössen der Seebeckenmorphometrie (LAWA 1998). Die mit * bezeichneten Trophiegrade stammen aus Binderheim (1998).

See	**SeeID**	**Gemeinde(n)**	**natürlicher Trophiegrad**
Amsoldingersee	AMS	Amsoldingen, Höfen	mesotroph
Burgäschisee	BAE	Seeberg, Aeschi (SO)	oligotroph / mesotroph*
Burgseeli	BUR	Ringgenberg	mesotroph
Dittligsee	DIT	Längenbühl	mesotroph
Gerzensee	GER	Gerzensee, Kirchdorf, Mühledorf	mesotroph / eutroph*
Grosser Moossee	MOG	Moosseedorf, Urtenen	mesotroph / eutroph*
Inkwilersee	INK	Inkwil, Bolken (SO), Etziken (SO)	eutroph
Lobsigensee	LOB	Seedorf	eutroph
Oeschinensee	OES	Kandersteg	oligotroph
Uebeschisee	UEB	Amsoldingen, Höfen, Uebeschi	mesotroph

Tab. 3: Klassierung des Produktionsgrades (Trophiegrades) .

	ultra-oligotroph	sehr wenig produktiv
	oligotroph	wenig produktiv
	mesotroph	mässig produktiv
	eutroph	stark produktiv
	polytroph	sehr stark produktiv

Binderheim (1998): Sanierungsziel für natürlich eutrophe Kleinseen des Schweizer Mittellandes. Dissertation ETH Zürich, Nr. 12784.

6. Ergebnisse

6.1. Phosphor

Nährstoffe, wie Phosphor und Stickstoff gelangen über die Luft, Zuflüsse, Drainagen, oberflächliche Abschwemmung oder via Entlastungsbauwerke der Siedlungsentwässerung in die Seen. Ein extensiv genutzter Vegetationsgürtel stellt eine gewisse Pufferwirkung zwischen dem landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet und dem See dar. Drainagen, die auf ihren letzten Metern vor dem See nicht offen geführt werden (können), führen zu einem Kurzschliessen dieser Pufferfunktion und damit zu einem direkten und zumeist beträchtlichen Nährstoff- und Feinstoffeintrag.

Der Ausbau der technischen Siedlungsentwässerung sowie Massnahmen in der Landwirtschaft dürften in den letzten Jahrzehnten zu einem Rückgang des Nährstoffeintrags in die Seen geführt haben. Dies hat nicht in allen Seen zu einer Reduktion der Algenproduktion geführt. Insbesondere in jahrzehntelang überdüngten, stark produktiven Kleinseen ist eine Trendumkehr nicht ersichtlich. Entsprechend hoch sind immer noch die Biomassen und die Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser. Phosphorrücklösung aus dem Sediment bei sauerstofflosen Bedingungen führt zu einer seeinternen Düngung und zusätzlicher Ankurbelung der Algenproduktion. Ob dieser Prozess allein durch Massnahmen im Einzugsgebiet unterbrochen werden kann, ist unsicher.

Für natürlicherweise oligotrophe oder mesotrophe Seen gilt gemäss Anforderung in Anhang 2, Ziffer 13 GSchG, dass der Nährstoffgehalt höchstens eine mittlere Produktion von Biomasse (mesotroph) zulassen darf. Obwohl ausser beim Inkwilersee und Lobsigensee die durchschnittlichen Phosphorkonzentrationen nicht sehr hoch sind, entspricht die Algenproduktion bei allen Seen ausser dem Oeschinensee nicht den Anforderungen der GSchV.

6.2 Sauerstoff

Im Herbst weisen die Seen in der Regel die geringsten Sauerstoffkonzentrationen im Tiefenwasser auf. Sinkt der Sauerstoff am Seegrund während einiger Tage oder Wochen auf Null, können sich im Wasser reduzierte Verbindungen bilden (z.B. Ammonium, Sulfid). Auch das Sediment wird sauerstofflos und ist als Lebensraum für Bodenorganismen zumindest saisonal nicht mehr geeignet (siehe Makrozoobenthos).

In der Gewässerschutzverordnung sind für Seen, ausser beim Sauerstoff, keine nummerischen Anforderungen formuliert. Natürlicherweise produktive (eutrophe) Seen sind zudem anders zu beurteilen, als natürlicherweise wenig produktive (mesotrophe oder oligotrophe) Gewässer.

Die nummerische Anforderung der GschV für Sauerstoff (jederzeit 4 mg O_2/l in jeder Wassertiefe) gelten nicht für den natürlicherweise eutrophen Lobsigensee und Inkwilersee (Tab. 2). Bei einer einheitlichen Anwendung der LAWA-Methode gelten auch der Gerzensee und der Moossee als natürlicherweise mesotroph, so dass die Anforderung für Sauerstoff auch bei diesen beiden Seen Gültigkeit hat.

Tab. 4: Kleinseen mit sauerstofflosem Tiefenwasser und Sediment basierend auf Tiefenprofilen vom September 2003 und Oktober 2013

Seename	max.Tiefe (m)	kein Sauerstoff ab einer Tiefe von (m) 2003	kein Sauerstoff ab einer Tiefe von (m) 2013	% sauerstofflose See- bzw. Sedimentfläche 2013
Gerzensee	10.7	7	6.5	54
Burgseeli	19.1	8	7.5	64
Uebeschisee	14.7	7	6.5	60
Amsoldingersee	13.9	7	6.5	57
Dittligsee	16.4	5	5.5	62
Grosser Moossee	21.7	8	8.5	60
Burgäschisee	30	9	7.0	70

Alle Seen ausser dem Oeschinensee erfüllen die Anforderung nach Anhang 2 Ziff.13 Abs.3 Bst. b GSchV nicht. Die negativen ökologischen Auswirkungen der zeitweise prekären Sauerstoffverhältnisse betreffen Fische, Plankton und Bodenlebewesen (siehe Kapitel Plankton und Makrozoobenthos). Ein Spezialfall stellt das Burgseeli dar, welches chemisch stabil geschichtet ist und dessen Tiefenwasser wahrscheinlich über Jahre hinweg sauerstofflos ist. Hier gilt trotz mesotrophem natürlichen Zustand die Anforderung der GSchV nicht.

6.3 Chlorophyll a

Der Gehalt an Chlorophyll a wurde in der vorliegenden Untersuchung nicht analytisch in diskreten Wassertiefen bestimmt, sondern mittels eines Fluoreszenzmeters kontinuierlich über die ganze Wassertiefe gemessen. Vom Inkwilersee und Lobsigensee sind keine entsprechenden Daten vorhanden. Die Fluoreszenzsonde liefert genaue Informationen zur Intensität der Primärproduktion in jeder Wassertiefe, hingegen "nur" einen nummerischen Schätzwert für die effektive Konzentration von Chlorophyll a. Damit ist eine Beurteilung des Seezustandes nach LAWA (1998) nicht möglich.

Ein Vergleich der Fluoreszenzdaten einzelner Kleinseen und insbesondere auch mit den 3 grossen Berner Seen stützt allerdings die Interpretation mittels anderer Parameter. Erwartungsgemäss die höchsten Werte wurden im Gerzensee, Uebeschisee, Dittligsee und Burgseeli verzeichnet.

6.4 Phytoplankton

Algen und Wasserpflanzen sind die Organismen im Gewässer, die mit Hilfe von Sonnenlicht, Kohlendioxid und Nährstoffen wachsen. Die Nährstoffmenge, insbesondere Phosphor, ist entscheidend für die Bildung der Biomasse von Algen und Wasserpflanzen.

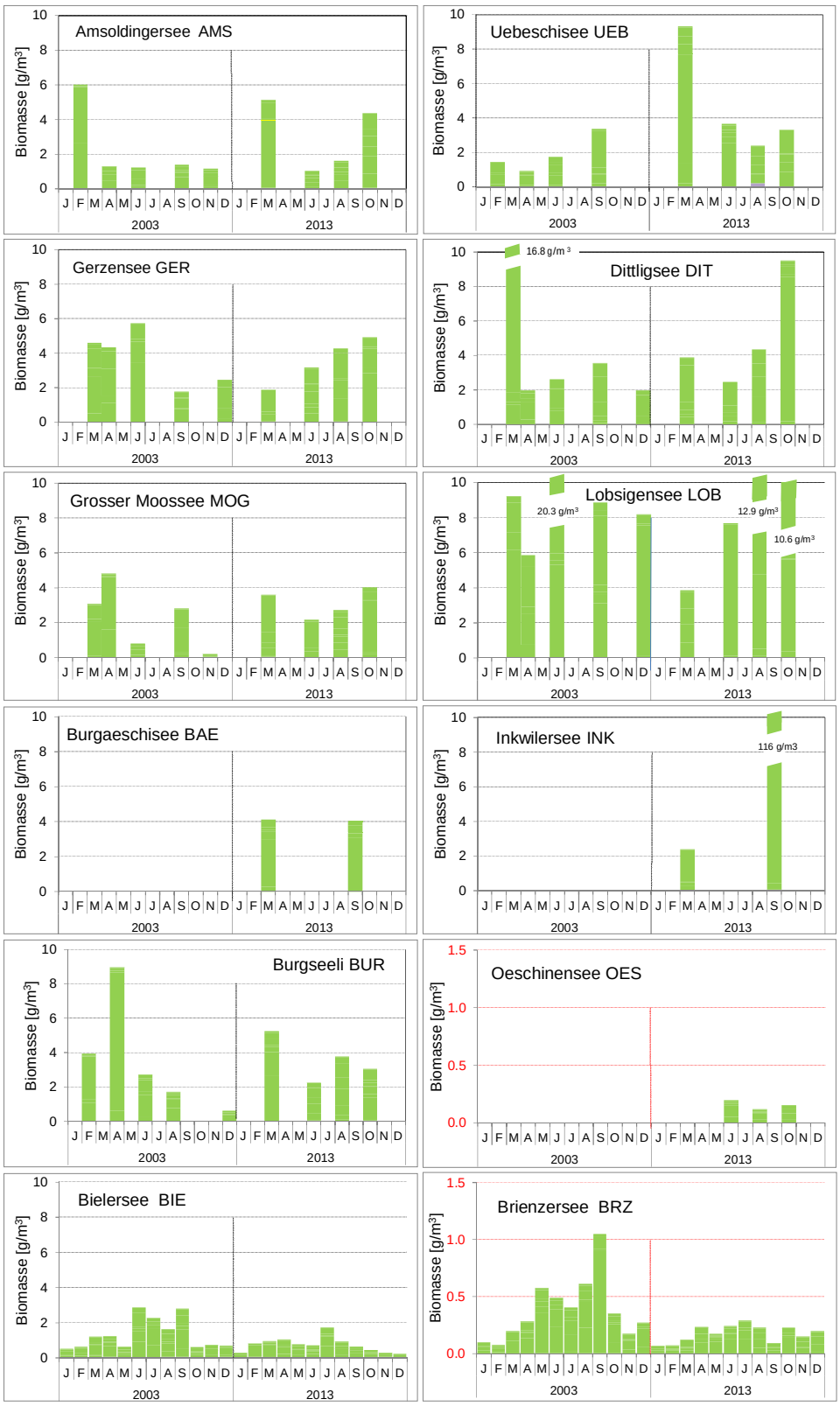


Abb. 1: Phytoplankton-Biomassen aller untersuchten Seen [g/m^3]. Als Vergleich wurden die Daten des Bielersees (mesotroph) und Brienzersees (oligotroph) integriert. Oeschinensee und Brienzersee mit anderer Skalierung (rot).

In stehenden Gewässern mit einer gewissen Tiefe sind im Wasser schwebende Algen, das Phytoplankton, die Hauptproduzenten von Biomasse, die als Nahrung für die vielen weiteren Organismen eines Sees dient. Da durch den bakteriellen Abbau absterbender Biomasse Sauerstoff verbraucht wird, führen hohe Algendichten im Tiefenwasser der Seen zu Sauerstoffschwund. Zur Beurteilung des Zustands eines Sees sind Biomasse und Zusammensetzung des Phytoplanktons relevant.

Die Biomassen der einzelnen Seen variieren innerhalb eines Jahres stark. Sie erreichen in sechs von zehn Kleinseen sowohl im 2003 wie im 2013 zwischen 2 und 10 g/m^3. In drei weiteren Kleinseen wird die 10 g/m^3 - Grenze 1 - 2 Mal überschritten. Der als Referenzsee ausgewählte Oeschinensee weist hingegen Biomassen von weniger als 0.5 g/m^3 auf.
Die beiden grossen Seen Bieler- und Brienzersee erreichen normalerweise geringere Biomassen pro m^3 als die Kleinseen. Nur die maximalen Sommerbiomassen des Bielersees im Jahr 2003 überschreiten 2 g/m^3.

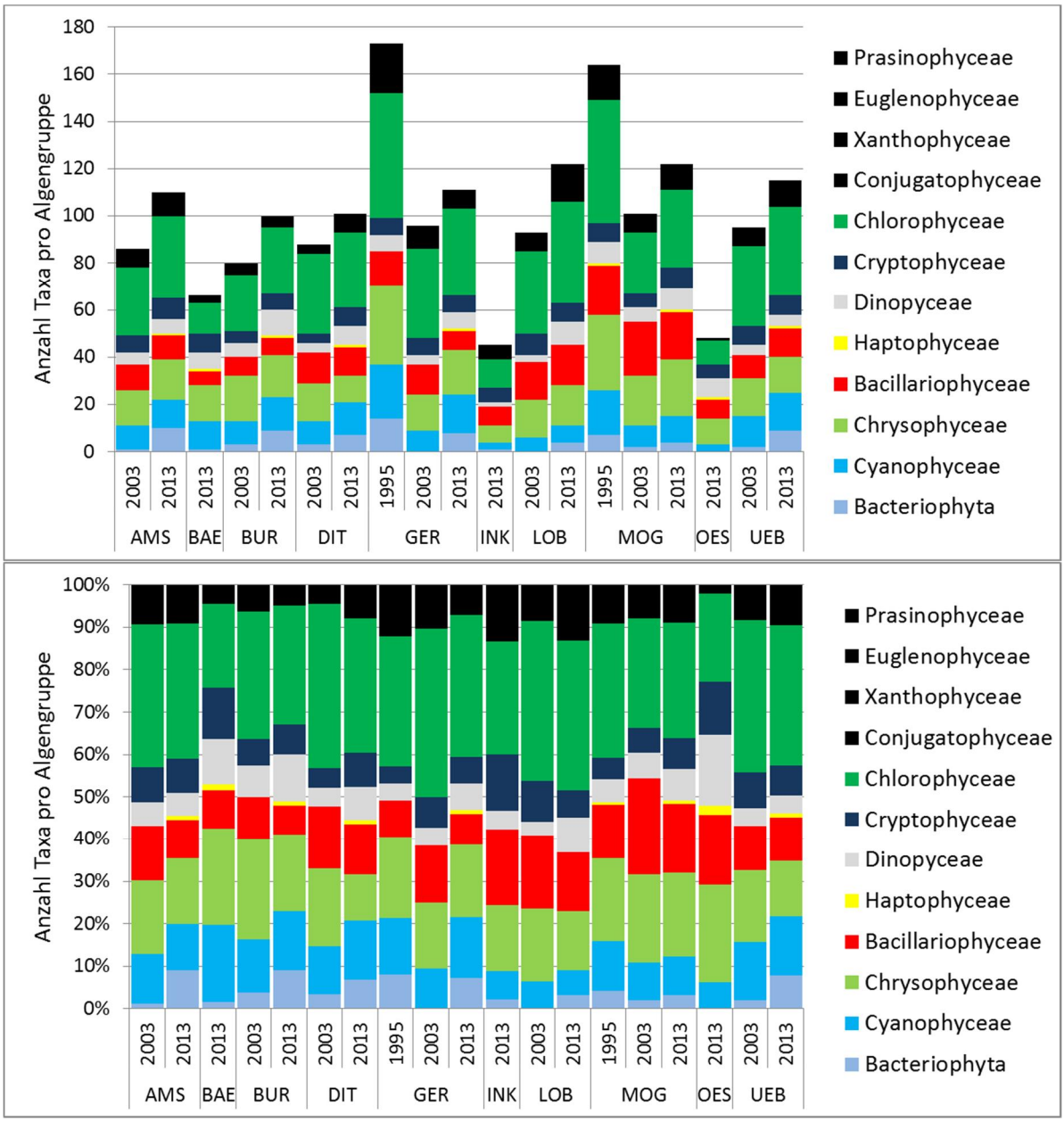


Abb. 2: Anzahl gefundene Taxa pro Algengruppe jedes Kleinsees pro Jahr, absolut und relativ (%).

Die Zahl der 2013 gefundenen Taxa (Taxa = Gruppen oder systematische Einheiten von Organismen) liegt je nach See zwischen 45 (Inkwilersee INK) und 122 (Moossee MOG). Die absolute Zahl der Taxa der einzelnen Seen wird nicht als Kriterium verwendet, da sie stark von der Anzahl der Probenahmen und der Bestimmungstiefe der Untersucher abhängt. Die Verteilung der Taxazahlen auf die einzelnen Algengruppen hingegen gibt bereits Hinweise auf den Zustand des Sees.
Je nach Algengruppe sind viele oder nur sehr wenige Taxa in den Kleinseen vertreten. Die Grünalgen (*Chlorophyceae*) haben mit Ausnahme des Burgaeschisees (BAE) in allen Seen die grösste Vielfalt mit 25 - 40% der Taxa, gefolgt von Gold- und Kieselalgen (*Chrysophyceae* 12 - 25% *und Bacillariophyceae* 7 -22%). Auch die Gruppe der Blaualgen (*Cyanophyceae* 5 - 18%) weist noch eine relative grosse Vielfalt in allen Kleinseen auf.

Die Anzahl Taxa pro Algengruppe sagt allerdings noch nichts aus über ihren Beitrag zur Gesamtbiomasse. Trotz ihrer Häufigkeit sind Grünalgen nur im Gerzensee und, etwas weniger ausgeprägt, im Uebeschisee als Biomassebildner relevant. Je nach Jahreszeit und See leisten andere Algengruppen grössere Beiträge an die Gesamtbiomasse. Das massenhafte Auftauchen einzelner Arten ist für sehr nährstoffreiche Gewässer typisch, insbesondere wenn solche sogen. Algenblüten mehrmals pro Jahr beobachtet werden.

Mittelwerte und Maxima der Algenbiomasse während der Vegetationszeit werden bei verschiedenen Bewertungsmethoden zur Beurteilung des Trophiegrades von Seen, dh. zur Beurteilung der Wasserqualität bezüglich des Nährstoffgehaltes hinzugezogen.

See	Jahr	Mittel [g/m³]	Maximum [g/m³]	natürlicher Trophiegrad (LAWA 1998)	Trophie nach BRETTUM (Spitzenwert)	Trophie nach BRETTUM (Mittelwert der Vegetationsperiode)	Trophie nach HEINONEN (Mittelwert der Vegetationsperiode)
AMS	2003	2.211	6.012	mesotroph			
	2013	2.909	5.131				
BAE	2013	4.069	4.124	oligotroph			
BUR	2003	3.587	8.949	mesotroph			
	2013	3.525	5.228				
DIT	2003	5.387	16.887	mesotroph			
	2013	4.961	9.321				
GER	1995	9.771	15.354	mesotroph			
	2003	3.774	5.741				
	2013	2.944	4.214				
INK	2013	60.013	117.621	eutroph			
LOB	2003	10.509	20.360	eutroph			
	2013	8.765	12.941				
MOG	1995	3.537	5.600	mesotroph			
	2003	2.340	4.815				
	2013	3.111	4.023				
OES	2013	0.153	0.187	oligotroph			
UEB	2003	1.705	3.392	mesotroph			
	2013	4.593	9.291				

Abb. 3: Bewertung der Trophie der einzelnen Kleinseen mit verschiedenen Methoden und Vergleich mit dem errechneten natürlichen Trophiegrad nach LAWA (1998).

ultra-oligotroph oligotroph mesotroph eutroph polytroph

Die untersuchten Kleinseen weisen je nach Bewertungsmethode Unterschiede in der Klassierung auf. Drei Seen werden im gleichen Jahr von allen Methoden gleich eingestuft. (INK 2013, LOB 2003, OES 2013). Bei den restlichen Seen und Untersuchungsjahren variieren die Beurteilungen um eine Klasse, ein See (AMS 2003) variierte um zwei Klassen.

Generell zeigt sich, dass 2013 keiner der Seen eine bessere Klassierung im Vergleich zu 2003 in allen Methoden erreicht. Mit Ausnahme des Oeschinensees ist die Situation in den Seen unverändert als unbefriedigend bis schlecht zu beurteilen und entspricht nicht den Anforderungen des Gewässerschutzverordnung (Stand Januar 2014), die mit Ausnahme des Inkwiler- und Lobsigensees eine höchstens mässige Belastung (mesotroph) zulässt.

Die Produktion dieser Seen, mit Ausnahme der beiden erwähnten Gewässer, ist umso unbefriedigender, als in allen Seen unter natürlichen Verhältnissen eine höchstens mässige Trophie gegeben wäre (siehe Tabelle 2).

Nebst der Beurteilung des Seezustandes dienen Algenzusammensetzung und Biomasse auch der Überwachung bezüglich toxischer Algen. Rund 40 Blaualgenarten, die teilweise auch in unseren Seen festgestellt werden, können zeitweise Toxine produzieren. Diese Nerven- und Lebergifte sind sehr potent und können beim Baden und Tauchen eine akute Gefahr darstellen. Generell wird erst von einer Gefährdung ausgegangen, wenn

- die Sichttiefe geringer als 1 Meter ist,
- Blaualgen, die Toxine produzieren können, die Algenpopulation dominieren und
- mehr als 100'000 Algen pro ml gefunden werden

Diese drei Kriterien wurden zu keinem untersuchten Zeitpunkt in keinem der untersuchten Seen angetroffen.

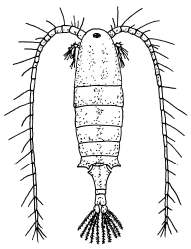
6.5 Zooplankton (Crustaceen-Plankton)

Das Zooplankton besteht aus verschiedenen Tiergruppen wie Insektenlarven, Kleinkrebsen, Rädertieren oder Wimpertierchen. Im Rahmen des See-Monitorings untersucht das GBL die Kleinkrebschen (Crustaceen) als eine Gruppe, die auch für viele Fischarten eine wichtige Nahrungsgrundlage bildet.

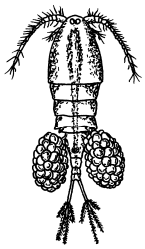
Im Plankton von Seen sind zwei grosse taxonomische Gruppen der Crustaceen anzutreffen: die Copepoda oder Ruderfusskrebse und die Cladocera oder Blattfusskrebse.

Die Ruderfusskrebse umfassen neben den kleinsten Larvenstadien (Nauplien) Schwebekrebschen (Calanoida), die sich rein vegetarisch ernähren, Hüpferlinge (Copepoda), die vor allem als ausgewachsene Tiere anderes Zooplankton fressen und ganz vereinzelt die am Seeboden oder auf den Pflanzen lebenden Harpacticoida.

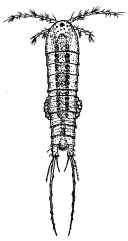
Die Blattfusskrebse umfassen die bekannten Wasserflöhe (Daphnia, Ceriodaphnia, Diaphanosoma)und die Rüsselkrebschen (Bosmina) als Vegetarier und die grossen Arten Glaskrebs (Leptodora) und Raubwasserfloh (Cercophagidae) als Räuber.



Ruderfusskrebse: Schwebekrebschen

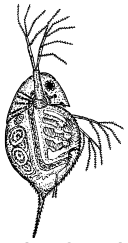


Ruderfusskrebse: Hüpferling

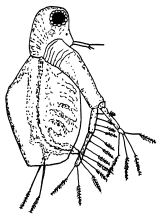


Ruderfusskrebse: Harpacticoida

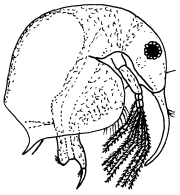
Blattfusskrebse: Raubwasserfloh



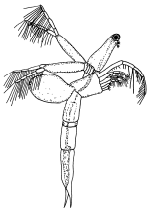
Blattfusskrebse: Daphnia (Wasserfloh)



Blattfusskrebse: Diaphanosoma



Blattfusskrebse: Rüsselkrebs



Blattfusskrebse: Glaskrebs

Abb. 4: Die wichtigsten Gruppen des Crustaceen-Planktons in unseren Gewässern. Zeichungen von Vinzenz Maurer.

Die Gesamtbiomasse (Abb. 5) pro m^3 Wasser liegt in den meisten Kleinseen im Maximum zwischen 5 und 12 g/m^3 und wird ganz klar durch die Jahreszeit und damit das Nahrungsangebot bestimmt. Mit bis zu 34 g/m^3 deutlich höhere Maxima erreichen die beiden sehr flachen Seen Lobsigensee und Inkwilersee, wo sich die ganze Lebensgemeinschaft auf nur wenige Meter Wasser konzentriert und die beide auch eine sehr grosse Algenbiomasse aufweisen. Im Gegensatz dazu ist die Gesamtbiomasse im tiefen Burgäschisee sehr viel niedriger mit max. 1.3 g/m^3 und nur leicht niedriger als im Bielersee. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen dass aufgrund des Sauerstoffmangels grosse Teile der Wassersäule des Burgäschisees für das Zooplankton nicht bewohnbar sind, die Biomasse pro m^3 Wasser aber über die ganze Tiefe gemittelt wird. Extrem tiefe Biomassen weist mit maximal 0.3 g/m^3 der Oeschinensee als klarer Bergsee und entspricht damit dem Brienzersee. Die Jahresentwicklung im Burgäschi- und Inkwilersee ist sehr unsicher, da nur eine Frühlings- und eine Herbstprobe vorliegen. So ist es gut möglich, dass wichtige Maxima/Minima im Jahresverlauf nicht beobachtet werden.

Der Vergleich zwischen den beiden Probenahmejahren, und damit die Entwicklung der Seen in den letzten Jahren, fällt für die untersuchten Seen nicht einheitlich aus. Grundsätzlich liegt die Crustaceen-Biomasse 2003 und 2013 in einem ähnlichen Bereich. Gewisse Differenzen zeigen sich aufgrund der unterschiedlichen Monate der Probenahmen. So fallen im Dittlig- und Lobsigensee die Frühlingsmaxima der Hüpferlinge 2013 nicht so deutlich auf wie 2003, da sie wahrscheinlich nicht während der maximalen Entwicklung beprobt wurden. Im Frühling und Frühsommer zeigen Amsoldinger-, Uebeschi-, Gerzen- und Moossee 2013 tendenziell eine tiefere Biomasse als 2003. Eher erhöhte Werte im Herbst 2013 werden im Moossee (Rüsselkrebschen) und im Burgseeli beobachtet.

Die Beurteilung des Trophiegrades aufgrund des Crustaceenplanktons ist relativ schwierig. Viele Beobachtungen basieren zudem auf der Untersuchung von grossen Seen, wo der Einfluss des Litorals (Uferzone) mit dessen typischen Arten im Gegensatz zu den hier untersuchten Kleinseen relativ gering ist. Zudem basiert sie auf langjährigen Untersuchungsreihen mit häufigen Probenahmen. Diese fehlen uns bei den Kleinseen.

Die durch Nährstoffzufuhr künstlich erhöhte Produktion (Eutrophierung) kann die folgenden Einflüsse auf das Crustaceenplankton haben:

- Erhöhung der Bestandeszahlen (hier Beispiel Inkwilersee und Lobsigensee)
- Zunahme der Einzahlen pro Eipaket bei Ruderfusskrebsen bzw. pro Brut bei Blattfusskrebsen (hier nicht untersucht)
- morphologische Veränderung einzelner Arten (nicht untersucht)
- Änderungen im Artenspektrum und vermehrtes Auftreten von Litoralarten im Freiwasser.

Zudem ist es oft so, dass Arten von einer leichten Eutrophierung profitieren können, bei zu starker Überdüngung aber wieder verschwinden. Typische Arten eher oligotropher Gewässer sind beispielsweise *Daphnia rosea* (Oeschinensee) und *Cyclops abyssorum*, eher neutral d.h. fast in allen Gewässern vertreten *Eudiaptomus gracilis*, *Mesocyclops leuckartii*, *Daphnia hyalina* und *Eubosmina longispina*, typisch eutroph *Cyclops vicinus* und *C. strenuus*, *Daphnia cucullata*, *Bosmina longirostris* sowie die Litoralart *Ceriodaphnia sp.*.

Aus diesen Angaben lässt sich die folgen Übersicht über die untersuchten Kleinseen zusammenstellen:

	Zustand 2013	**Entwicklung 2003 bis 2013**
Oeschinensee	oligotroph typische Arten, geringe Abundanz	2003 nicht untersucht
Burgseeli	eutroph (spezielle Situation) hohe Abundanz von typisch eutrophen Arten	keine klaren Indizien
Burgäschisee	eher mesotroph (unsicher) geringe Abundanz, bei Cladocera eher "mesotrophe" Arten, bei Copepoda "eutrophe" Arten	2003 nicht untersucht
Grosser Moossee Gerzensee Dittligsee Uebeschisee Amsoldingersee	eutroph typische Artenabfolge und hohe Abundanzen	keine Veränderung oder sogar Hinweise für zunehmende Belastungstendenz
Lobsigensee Inkwilersee	eutroph extrem hohe Abundanzen von typisch "eutrophen" Arten	keine Veränderung bzw. nicht untersucht

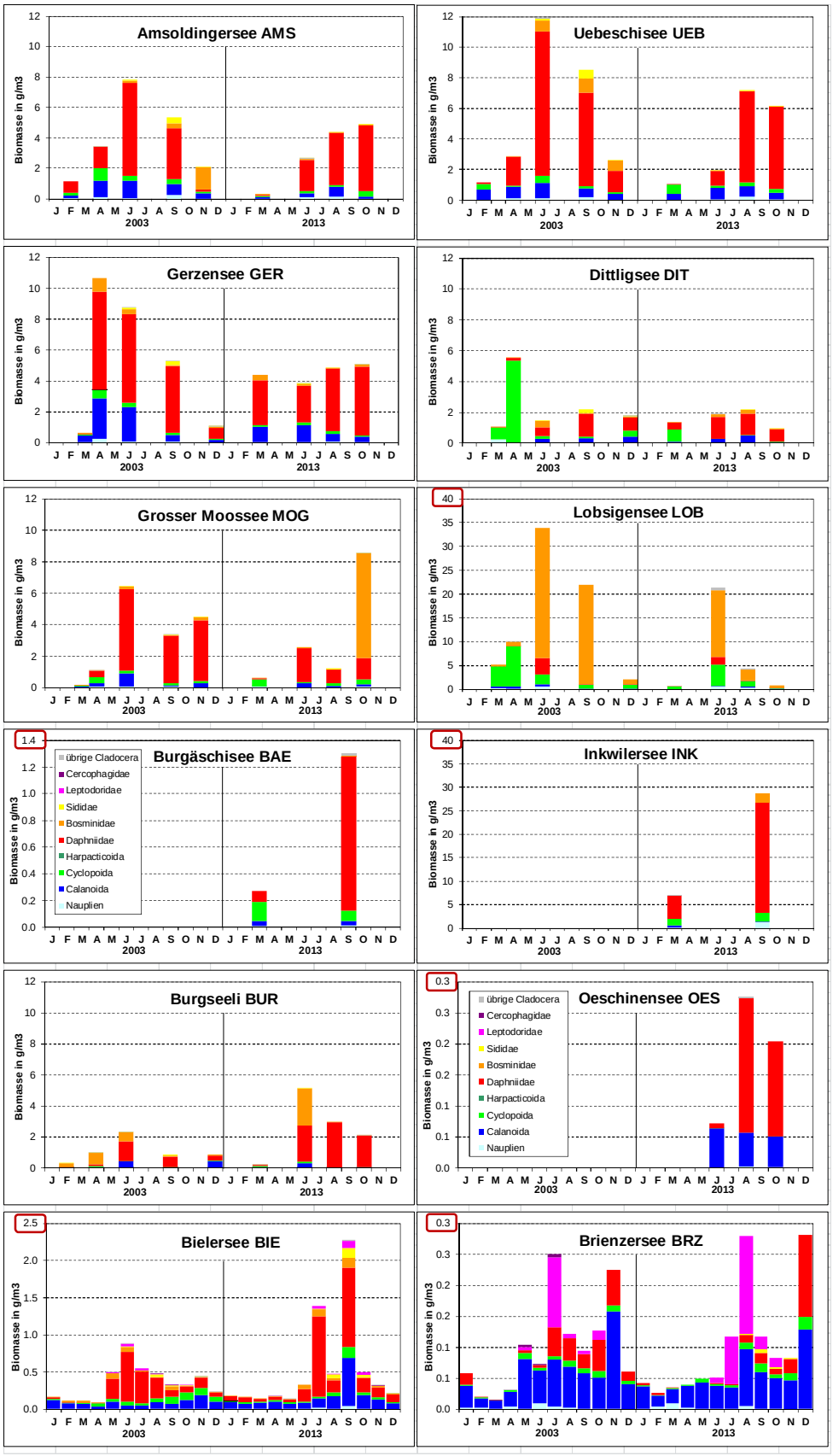


Abb. 5: Biomasse des Crustaceen-Zooplanktons (Kleinkrebschen) aufgeteilt nach den wichtigsten systematischen Gruppen. Die Biomasse wird als Nassgewicht in g/m3 angegeben. Zu beachten ist die unterschiedliche Skala der Gewichte, die roten Rähmchen weisen darauf hin. Als Vergleich sind auch die Daten des Bieler- und des Brienzersees für die Jahre 2003 und 2013 dargestellt.

6.6 Mikroverunreinigungen

Pflanzenschutzmittel und andere Mikroverunreinigungen (z.B. Biozide, Medikamentenrückstände, Industriechemikalien, künstliche Süssstoffe) gelangen einerseits über die ARA, wo sie noch nicht abgebaut werden können, andererseits über diffuse Quellen (urbane und landwirtschaftlich genutzte Flächen) in die Fliessgewässer und anschliessend in die Seen. Viele Pestizide wandeln sich zudem in der Umwelt in Transformationsprodukte (TP) um. Entsprechend hoch sich die Werte der TP, während die Ausgangssubstanzen häufig nur noch in sehr geringen Konzentrationen messbar sind. TP sind oft gut wasserlöslich, mobil und stabil und können noch nach Jahren in den Seen nachgewiesen werden. Je nach Grösse und Nutzung des Seeeinzugsgebietes variieren sowohl die gefundenen Stoffgruppen wie auch die Konzentrationen der Mikroverunreinigungen (Abb. 6).

Neben den Kleinseen wurden auch die grossen Berner Seen Brienzersee, Thunersee und Bielersee auf 18 TP sowie die dazugehörigen 12 Pestizidwirkstoffe, auf Medikamente sowie Markersubstanzen aus der Siedlungsentwässerung analysiert.

Weiterführende Literatur:

Ueli Ochsenbein; Jean-Daniel Berset; Elmar Scheiwiller; Marion Junghans (2015) Mikroverunreinigungen in Bernischen Gewässern. Aqua & Gas No 2.

www.be.ch/awa > Gewässerqualität

Pflanzenschutzmittel

Die TP überwiegen klar gegenüber den Wirkstoffen (meist Herbizide). Je nach Mittellandsee schwankt der Anteil der TP zwischen ca. 75 und 98 Prozent. Zu den dominierenden TP in den Kleinseen gehören: Desphenylchloridazon (z.B. Lobsigensee), Methyldesphenylchloridazon, Metolachlor-ESA, Metolachlor-OXA, Desaminometamitron und Metazachlor-ESA. Im Burgäschi- und Inkwilersee wurde zudem 2-Hydroxyatrazin in Konzentrationen von 0.1 bis 0.2 µg/l gemessen. Erwartungsgemäss geringe bis sehr geringe Werte finden wir in Seen mit niedrigem Ackerbau-Anteil im Einzugsgebiet (Abb. 6).

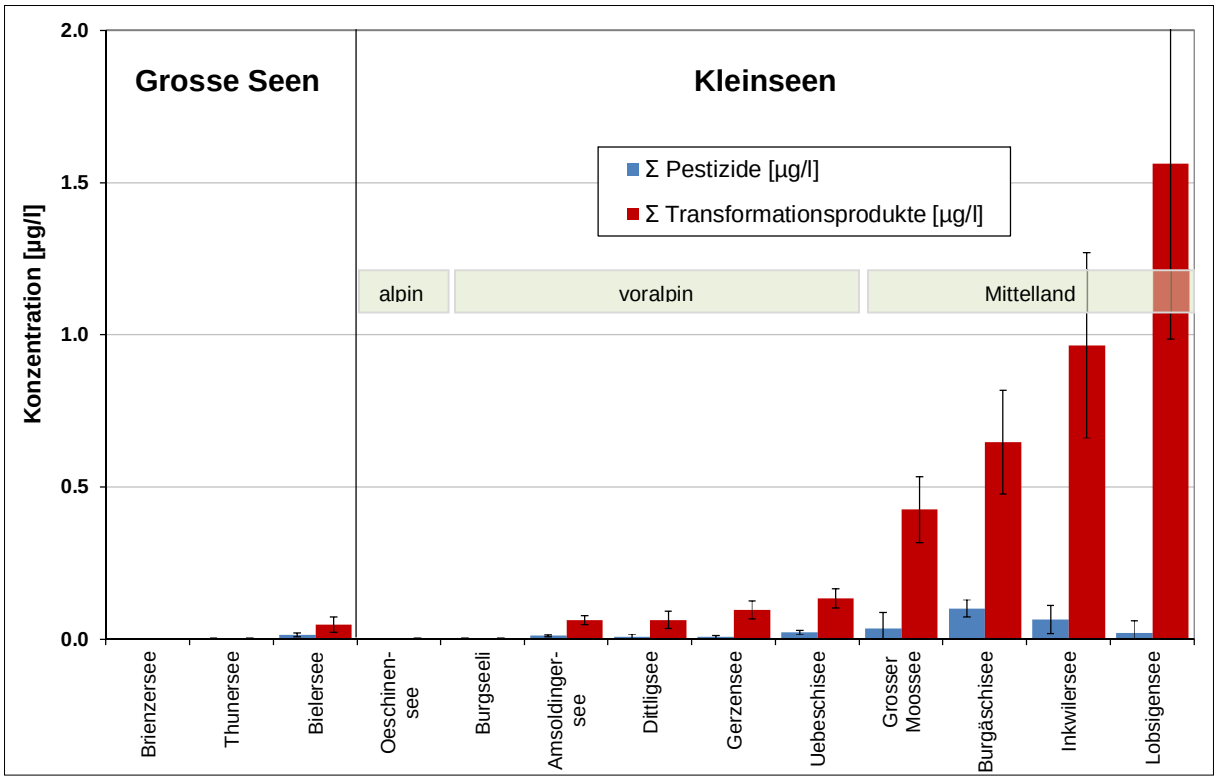
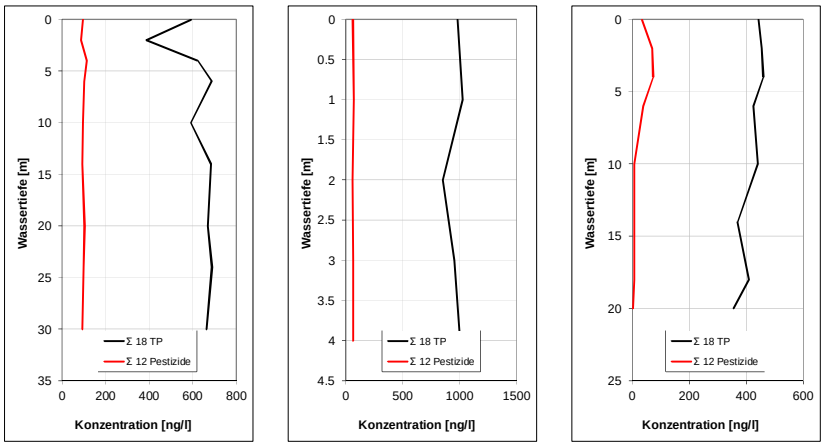


Abb. 6: Pestizide und ihre Transformationsprodukte (TP) als Mittelwerte von je vier Tiefenprofilen (Burgäschi- und Inkwilersee je sechs Profile).

TP sind in allen untersuchten Kleinseen ganzjährig und in relativ gering schwankenden Konzentrationen aufgetreten. Dies deutet auf einen recht gleichmässigen Eintrag dieser Stoffe hin. Dies wird begünstigt, indem TP gut wasserlöslich und stabil sind und häufig via Drainagen von landwirtschaftlich genutzten Flächen in die Seen gelangen. Die Konzentrationen der TP nehmen auch während der Stagnationsphase im Tiefenwasser der Seen nicht ab. Dies ist ein Hinweis auf die hohe Stabilität der Substanzen auch unter anaeroben Bedingungen.



Burgäschisee Inkwilersee Moossee

Abb. 7: Tiefenprofile für die Summen von Pestiziden und ihrer TP für drei Mittellandseen. Dargestellt sind die Mittelwerte pro Tiefenstufe über die ganze Untersuchungsdauer (März bis Oktober 2013).

Aufgrund fehlender ökotoxikologischer Qualitätskriterien können nur wenige der ermittelten Stoffkonzentrationen der TP bewertet werden. Desphenylchloridazon und Methyldesphenylchloridazon werden nach heutigem Wissensstand als ökotoxikologisch unproblematisch eingestuft. Trotzdem sind die teilweise sehr hohen Konzentrationen an TP in den Gewässern unerwünscht, da sie einerseits den ökologischen Zielen gemäss Anhang 1 Ziff. 1 Abs. 3 Bst. C GSchV und auch dem Vorsorgeprinzip der Umweltschutzgesetzgebung widersprechen.

Die 10 untersuchten Kleinseen und die 3 grossen Seen weisen gemäss aktueller ökotoxikologischer Bewertung bezüglich Pestizide eine fast durchwegs gute Wasserqualität auf. Dies im Gegensatz zu vielen kleineren Fliessgewässern im landwirtschaftlich intensiv genutzten Mittelland. Eine Ausnahme bildete der Inkwilersee, bei welchem in älteren Proben aus dem Jahre 2011 ein Risiko bezüglich Algen ermittelt wurde. Bei dieser Bewertung muss allerdings berücksichtigt werden, dass weder Pflanzenschutzmittel aus dem Obst- und Rebbau und insbesondere auch nur eine kleine Auswahl an Insektiziden und Fungiziden analysiert wurden. Die tatsächliche Belastung durch Pflanzenschutzmittel dürfte daher deutlich grösser sein.

Medikamtenrückstände und Markersubstanzen

Ob ein stehendes Gewässer durch häusliches Abwasser belastet ist, lässt sich durch den Nachweis von Substanzen abklären, die eindeutig aus der Siedlungsentwässerung stammen. Die hier verwendeten Markersubstanzen sind einerseits *Koffein*, das stark verbreitete Antidiabetikum *Metformin* sowie das Korrosionsschutzmittel *Benzotriazol* (u.a. in Abwaschmitteln für Geschirrspüler enthalten).

Erwartungsgemäss fanden sich in Kleinseen mit Anschluss an Bauwerke der Siedlungsentwässerung (Regenentlastungen, Rückhaltebecken) unterschiedliche hohe Konzentrationen an Markersubstanzen. Die gemessenen Werte variierten von See zu See und innerhalb eines Sees auch jahreszeitlich. Eine generell gültige Tendenz war nicht feststellbar. Auf den ersten Blick erstaunlich war, dass auch im Lobsigensee, der weder einen Oberflächenzufluss noch eine Verbindung zu Bauwerken der Siedlungsentwässerung aufweist, eine (geringe) Belastung durch häusliche Abwässer gefunden wurde. Der Eintragspfad für die Mikroverunreinigungen dürfte in diesem Fall Güllegruben in Landwirtschaftsbetrieben sein, in welche neben landwirtschaftlichen auch Abwässer der Haushaltungen zufliessen, welche anschliessend als Dünger auf die Felder ausgebracht werden.

Auch in Seen mit kleinen Zuflüssen (natürliche Zuflüsse oder Drainagenleitungen) aber ohne Abwasserentlastungsbauwerke wurden geringe Mengen von Koffein, Metformin und z.T. auch Benzotriazol gemessen. Selbst im Oeschinensee wurde im August und Oktober (nicht aber im Juni) Koffein nachgewiesen.

In sämtlichen untersuchten Kleinseen haben wir einen Abwassereintrag festgestellt. Gemäss aktuellem Wissensstand besteht dabei jedoch kein diesbezügliches ökotoxikologisches Risiko. Insbesonders wurden in keinem der Seen Rückstände von Diclofenac, einer für Fische problematische Substanz, gefunden. Dass jedoch selbst in Kleinseen ohne Zufluss und in einem Bergsee Inhaltsstoffe aus häuslichem Abwasser auftauchen, macht deutlich, dass wir die Ausbreitungspfade dieser Stoffe nicht unter Kontrolle haben.

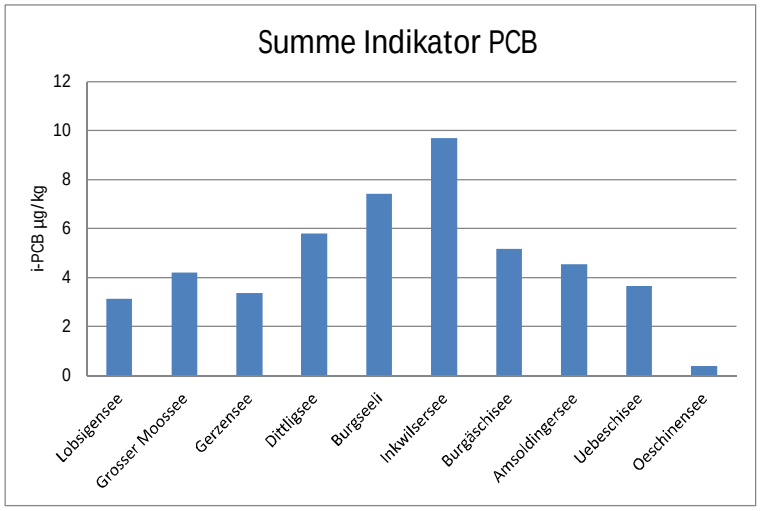
6.7 Sedimente: Belastung erkennbar

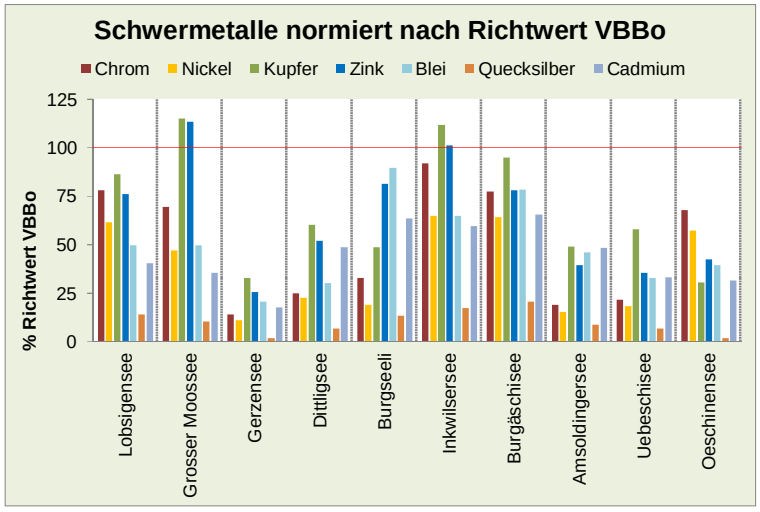
Einmalig wurden auch die rezenten Sedimente der entsprechenden Kleinseen untersucht. Die Probenahmen erfolgten mit einem Sedimentgreifer (Ekman-Greifer). Beprobt wurden Schwermetalle und polychlorierte Biphenyle (PCB) in der obersten Sedimentschicht bis auf eine Tiefe von ca. 20 cm. Die Untersuchungen der PCB wurden durch das Kantonale Labor Bern durchgeführt.

In der Schweiz existieren für Sedimente leider keine gesetzlichen Vorgaben, was die Interpretation der Daten erschwert. Oftmals werden die Vorgaben an Boden gemäss der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) als Grundlagen für die Bewertung beigezogen.

Die Sedimente sind grundsätzlich nicht übermässig belastet. Allerdings sind deutliche Unterschiede von See zu See erkennbar, dies sowohl bei den PCB aber auch bei den Schwermetallen.

Die Ergebnisse bei den PCB deuten nicht auf grössere PCB Punktquellen im Einzugsgebiet der Seen hin. Die tiefste Konzentration an PCBs wurde im Oeschinensee nachgewiesen. Die Anforderung gemäss VBBo von 100 µg/kg wurde in allen Seen klar unterschritten.





Sowohl im Grossen Moossee wie auch beim Inkwilersee liegen die Gehalte an Kupfer und Zink leicht über den Richtwerten der VBBo. Aufgrund der Belastungs-situationen im Einzugsgebiet (z.B. Strassen/Autobahn-abwasser, intensive landwirt-schaftliche Nutzung) konnte dies so erwartet werden. Erstaunlicher jedoch sind der leicht erhöhte Gehalt an Blei im Burgseeli und die Gehalte an Chrom und Nickel im Oeschi-nensee. Die Datenlage lässt jedoch eine abschliessende Beurteilung nicht zu.

Ein möglicher Eintragspfad des Bleis ins Burgseeli könnte der 300m-Feldschiessplatz am Ufer des Burgseelis sein. Dieser gilt gemäss Altlasten-kataster als sanierungs-bedürftig. Geschossen wird nur einmal pro Jahr am traditionellen Burgseeli-Schiessen im Frühling. Die Schussabgabe erfolgt jeweils von der gegenüberliegenden Uferseite aus.

6.8 Wirbellose Tiere am Seegrund (Makrozoobenthos)

Die Analyse des Makrozoobenthos wird in Fliessgewässern bereits standardmässig als Beurteilungskriterium der Gewässerqualität angewendet. Doch auch in stehenden Gewässern sind die aquatischen Invertebraten gute Indikatoren der Sediment- und Wasserqualität. Sie spielen eine wichtige Rolle in verschiedensten Ökosystemprozessen (Produktivität, Nährstoffzyklus und Biomasseabbau) und formen in der Nahrungskette das Bindeglied zwischen Primärproduzenten und Destruenten einerseits und höheren trophischen Ebenen (z.B. Fische) andererseits.

Die hohe Dichte und Artenvielfalt des Makrozoobenthos und die verschiedenen ökologischen Ansprüche der einzelnen Arten erlauben, aus der Artenzusammensetzung und Häufigkeit auf die ökologische Intaktheit und Qualität eines aquatischen Systems zu schliessen. Da sich die Sedimentbewohner über einen längeren Zeitraum im Seesediment aufhalten, schlagen sich sowohl kurzfristige wie auch langfristige Veränderungen des Lebensraums in ihrer Artenzusammensetzung und ihrer räumlichen Verteilung nieder. Die im Rahmen einer Praktikumsarbeit im Jahr 2013 im Kanton Bern erstmals durchgeführten Makrozoobenthos-Untersuchungen in Seen bilden daher eine gute Ergänzung zu den physikalisch-chemischen Punktmessungen. Verglichen werden die Erkenntnisse mit Qualitätsbestimmungen des Freiwassers (physikalische und chemische Messungen, sowie Phyto- und Zooplanktonanalysen). Als erstmalige Erhebung sollen die Resultate unter anderem eine Referenzbasis für die Beurteilung zu einem späteren Zeitpunkt bilden.

Die stratifizierten Kleinseen
Durch die stabile Schichtung wird während der warmen Jahreszeit kein sauerstoffreiches Oberflächenwasser in die tieferen Wasserschichten eingetragen. Während den Probenahmen im Oktober 2013 waren Sauerstoffwerte über 4 mg/L lediglich in den oberen Metern der Wassersäule zu messen (siehe Tab. 4). Zudem roch das Tiefenwasser stark nach Schwefel, was auf die Reduktion von Sulfat zum giftigen Schwefelwasserstoff hinweist. Mehr als 50 % der gesamten Sedimentfläche der stratifizierten Kleinseen sind während der warmen Jahreszeit sauerstofffrei und stehen so für das Makrozoobenthos nicht als Lebensraum zur Verfügung.

Diese Situation widerspiegelt sich klar in der Verbreitung der Seebodenbewohner. Keiner der 7 Kleinseen weist am Seegrund an der tiefsten Stelle eine Besiedlung durch Makroinvertebraten auf. Im Gegensatz zu frei schwimmenden Tiergruppen sind die Sedimentbewohner wenig mobil und breiten sich auch während der Mischungsphase nicht in die tieferen Wasserschichten aus. Ihr Vorkommen ist deshalb auf die sauerstoffreiche Uferzone beschränkt.

Hingegen ist das sauerstoffreiche Litoral der Kleinseen zum Teil sehr dicht und vielfältig mit aquatischen Invertebraten besiedelt. Vorwiegend wurden Arten gefunden, die an die nährstoffreichen Bedingungen der Kleinseen angepasst sind.

Die höchste Artenvielfalt und eine der höchsten Individuendichten wurden im Litoral des Burgäschisees gefunden. Oligochaeten, Chironomiden und Mollusken kommen in ausgewogenem Verhältnis zueinander vor. Es ist anzunehmen, dass der Burgäschisee in seinem natürlichen mesotrophen Zustand in allen Tiefen Lebensräume für ein dichtes und vielfältiges Makrozoobenthos geboten hätte. Durch den starken anthropogenen Einfluss aber ist ein Grossteil des Sees für diese Lebewesen als Lebensraum nicht mehr verfügbar. Die grosse Artenvielfalt und dichte Besiedlung im Litoral würden eine Wiederbesiedlung des Profundals erleichtern, sollte sich der See infolge von Verbesserungen im Nährstoffeintrag erholen.

In der Flachuferzone des Dittlig-, Gerzen- und Moossees dominieren die Würmer (Oligochaeten) das Makrozoobenthos. In den Proben des Uebeschisees hingegen fehlt diese Tiergruppe gänzlich. Aufgrund der kleinen Probefläche kann nicht auf ein generelles Fehlen

dieser Tiergruppe geschlossen werden. Die Probe wurde in einer Wassertiefe von 5.5 m genommen. Obwohl in dieser Tiefe zur Zeit der Probenahme Sauerstoffkonzentrationen über 4 mg/L gemessen wurden, lag die Probestelle im Sommer im sauerstofflosen Bereich des Sees. Möglich wäre, dass sich die wenig mobilen Oligochaeten noch nicht aus dem seichteren Litoral in die tieferen Seebereiche ausbreiten konnten.

Mit Ausnahme des Dittligsees wurde im Litoral der Kleinseen eine grosse Vielfalt an Molluskenschalen gefunden. Das rezente Vorkommen dieser Mollusken konnte allerdings nur für wenige Arten durch lebende Individuen bestätigt werden. Im Amsoldinger- und Uebeschisee sind die Mollusken sowohl als lebende Individuen wie auch als Überreste stark vertreten. Während sich die heutige Population auf maximal vier Arten beschränkt, weisen die leeren Schalen auf eine ehemals vielfältige Population mit bis zu 11 Arten hin. Bereits 1938 wies Von Büren auf ein massenhaftes Vorkommen subfossiler Mollusken im Amsoldingersee hin. Lebende Molluskenindividuen wurden bereits damals lediglich als Einzelexemplare zweier Arten gefunden.

Im Gegensatz zu den anderen Kleinseen ist im Burgseeli nicht der Eintrag von Nährstoffen aus der Landwirtschaft der Grund für die lebensfeindlichen Bedingungen im Profundal, sondern eine natürliche Anreicherung von Karbonat, Phosphor und Stickstoff. Durch ihre hohen Konzentrationen im Tiefenwasser ist der See chemisch geschichtet, d.h. das über 5°C warme Tiefenwasser ist dichter als das darüber liegende 4°C kalte Wasser, was eine Durchmischung verhindert.

Die polymiktischen Kleinseen

Im Lobsigensee und im Inkwilersee kann sich trotz des periodischen Eintrags von sauerstoffhaltigem Wasser in die tiefen Schichten durch den Abbau der gewaltigen Algen- und Wasserpflanzenmassen eine sauerstofflose Schicht im Profundal ausbilden. Auch die Produktion des toxischen Schwefelwasserstoffs wurde in beiden Seen bereits festgestellt (Guthruf et al. 1999). Der Seegrund dieser Kleinseen ist denn auch nur spärlich durch Benthosorganismen besiedelt.

Im Lobsigensee wurden ausser Fadenwürmer (Nematoden) keinerlei Vertreter von Makrozoobenthos gefunden. Der häufige Wechsel zwischen sauerstoffreichen und –armen Bedingungen im Profundal kann die Besiedlung durch Invertebratengruppen mit langem Lebenszyklus erschweren. Nematoden, die sich mehrmals im Jahr fortpflanzen, können unter solchen Bedingungen eher Populationen bilden, als Oligochaeten oder Zuckmückenlarven (Chironomiden). In diesem Kleinsee wurde zudem das Entstehen von Kalk-Faulschlamm durch biogene Entkalkung beobachtet (Guthruf et al. 1999). Sedimentbewohner, wie die Chironomidenlarven und die Oligochaeten, sind stark auf die Beschaffenheit des Sedimentes und seine chemische Zusammensetzung angewiesen. Die ungünstigen Bedingungen am Seegrund könnten die Bildung von Populationen dieser Tiergruppen zusätzlich erschweren.

Im Inkwilersee bilden Schlammröhrenwürmer (Tubificidae) den Hauptteil der Sedimentbewohner im Profundal. Sie sind an die nährstoffreichen Bedingungen angepasst und können kurze Phasen ohne Sauerstoff überstehen. Durch starke Sauerstoffzehrungen und die Produktion von toxischen chemischen Verbindungen ist es im Inkwilersee in den letzten Jahren zu mehreren grossen Fischsterben gekommen. Aufgrund des schlechten Zustandes haben sich die Standortgemeinden und Anrainerkantone auf ein Sanierungskonzept geeinigt. Als eine der geplanten Hauptmassnahmen wurde 2013 eine Tiefenwasserableitung verlegt. Durch die Ableitung des sauerstofflosen, nährstoffhaltigen Tiefenwassers sollte diese Massnahme zusammen mit weiteren Optimierungsschritten zur Stabilisierung des Seezustandes beitragen.

Der Oeschinensee

Der Oeschinensee ist der einzige in dieser Studie untersuchte See, der über 1000 m.ü.M liegt. Er unterscheidet sich in seiner Ökologie ganz wesentlich von den anderen Kleinseen. Sein Einzugsgebiet ist dominiert von Fels, Schutt und Gletscher. Extensive Landwirtschaft macht nur 4% des Einzugsgebietes aus. Der Nährstoffeintrag durch die Zuflüsse ist demnach auch sehr gering. Der Oeschinensee ist aufgrund des geringen Phosphor- und Stickstoffgehalts als oligotroph eingestuft. Die tiefen Temperaturen, die geringen Nährstoffkonzentrationen und die mineralische Trübung verhindern eine starke Biomasseproduktion. Durch die kühlen Temperaturen bildet sich auch über die Sommermonate keine stabile Sprungschicht aus. Erst im Herbst, wenn die Teilzirkulation einsetzt, ist eine deutliche Sprungschicht feststellbar (Guthruf et al. 1999).

Da im Profundal kaum organisches Material abgebaut wird, ist die Sauerstoffsättigung in allen Tiefen ungefähr gleich gross (Guthruf et al. 1999), was selbst auf 56 m Tiefe die Besiedelung des Sediments durch Benthosorganismen erlaubt. Sowohl Nematoden wie auch Tubificidae besiedeln den Seeboden.

Eine besondere Situation wurde bezüglich der Chironomidenlarven vorgefunden. Es waren keinerlei lebende Larven in den Proben vorhanden. Die Präsenz von Larvenresten jedoch weist auf eine kürzliche, dichte Besiedlung des Seebodens durch Chironomiden hin. Solche Larvenreste bleiben einerseits als Hülle (Exuvie) nach der Häutung im Sediment zurück, andererseits zersetzt sich nach dem Tod der Larve die Haut langsamer, als das Innere. Überreste des Darmtraktes im Inneren der Überreste weisen darauf hin, dass es sich bei den gefundenen Exemplaren um verstorbene Larven handelt und nicht um Häutungsrückstände. Die Morphologie der stark chitinisierten und dadurch gut erhaltenen Kopfkapsel, erlaubt die Bestimmung der Individuen. Die im Oeschinensee vorhandenen Chironomidenrückstände gehören vorwiegend Paracladopelma nigritula gr. und der Gattung Monodiamesa an. Vertreter dieser Artengruppen sind gut an das Leben im Profundal kalter, oligotropher Gewässer angepasst.

Im Oktober 2013 wurden unterhalb von 52.5 m erstmals Sauerstoffkonzentration unter 4 mg/L festgestellt. Chironomidenarten, die bevorzugt in oligotrophen Seen vorkommen können sensibel auf Sauerstoffmangel reagieren, da sie nicht an diese Bedingungen angepasst sind. Ob kurzzeitige Sauerstoffkonzentrationen unter 4 mg/L ausreichen um einen gesamten Chironomidenbestand auszulöschen oder ob andere Faktoren auf die Larven eingewirkt haben, kann aufgrund der vorhandenen Daten nicht beurteilt werden. Auch ist der Grund für die tiefen Sauerstoffkonzentrationen im Oeschinensee nicht bekannt.

Zusammenfassung

Dass die Populationen der Benthosfauna in den Kleinseen vor allem durch die Verfügbarkeit von Sauerstoff limitiert sind, kommt in der Analyse des Makrozoobenthos deutlich zum Ausdruck. Im Profundal, wo der Sauerstoffgehalt im Sommer und Herbst unter 4 mg/L sinkt, wurden in den Sedimentproben keine oder nur sehr wenige Wirbellose gefunden. Da diese Sauerstoffgrenze im Herbst (ausser im Oeschinensee) zwischen 5.5 m und 8.5 m unter der Wasseroberfläche zu liegen kommt, muss angenommen werden, dass rund 50 bis 70 % der gesamten Sedimentfläche der jeweiligen Kleinseen für Sedimentbewohner nicht als Lebensraum genutzt werden kann. Die Uferbereiche, die ganzjährig mit sauerstoffreichem Wasser versorgt sind, zeigen eine grössere Individuendichte und eine Vielfalt von Arten. Ihr Artenreichtum lässt erahnen, welch wertvollen und vielfältigen Lebensraum ein intakter Kleinsee bieten würde.

7. Der Gewässerraum bei stehenden Gewässern

Bei stehenden Gewässern spielt der Gewässerraum eine sehr wichtige Rolle für den Schutz einer naturnahen vielfältigen Uferzone. Diese ist einerseits Lebensraum für eine vielfältige Pflanzen- und Tierwelt und andererseits eine Pufferzone gegen viele schädliche Umwelteinflüsse aus der Umgebung. So reduziert sie die Einschwemmung von erodiertem Boden und Nährstoffen, die Ufergehölze fangen vom Wind verdriftete Pestizide und Staub, der See wird von störenden Aktivitäten aus der Umgebung abgeschirmt. Da die Distanzen zwischen Ufer und den durch Menschen genutzten Bereichen in der Regel sehr klein sind, kommt der Schutzwirkung durch den Gewässerraum gerade bei Kleinseen eine sehr grosse Bedeutung zu.

Diese Schutzwirkung wird durch die folgenden Punkte nach Art. 41c GSchV erreicht:

- Im Gewässerraum sind nur standortgebundene und in öffentlichem Interesse liegende Anlagen erlaubt.
- Im Gewässerraum dürfen keine Dünger und Pflanzenschutzmittel ausgebracht werden. Eine extensive landwirtschaftliche Nutzung ist möglich.
- Massnahmen gegen die natürliche Erosion des Ufers sind erlaubt zum Schutz vor Hochwasser oder vor unverhältnismässigem Verlust von landwirtschaftlicher Nutzfläche.

Der Gewässerraum für stehende Gewässer wird nach Art. 41b GSchV bestimmt. Er wird ab der mittleren jährlichen Hochwasserlinie (Uferlinie in Abb. 8) ermittelt und beträgt im Minimum 15 Meter. Die Gemeinden legen ihn im Rahmen ihrer Orts- und Nutzungsplanungsplanung grundeigentümerverbindlich fest bis 2018.

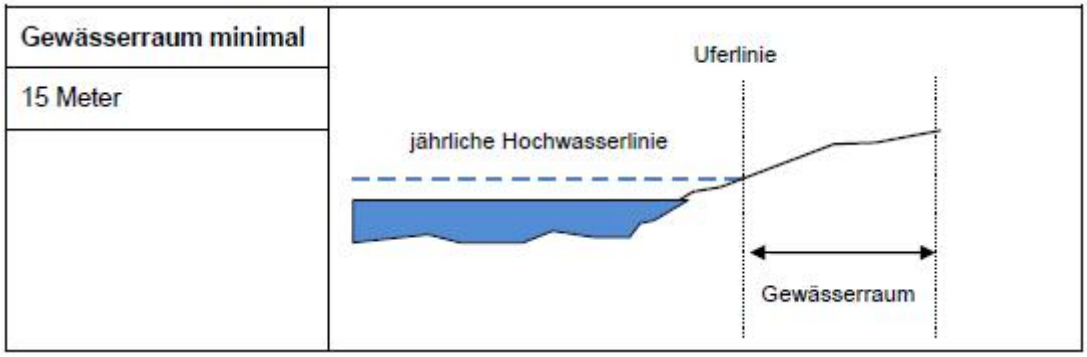


Abb. 8: Gewässerraum bei stehenden Gewässern (aus Arbeitshilfe Gewässerraum Kanton Bern, 2015 (AHOP GR)).

Auch bei stehenden Gewässern muss nach Art. 41b Abs. 2 GSchV der Gewässerraum erhöht werden. Insbesondere bei der Beurteilung der Erhöhung für Revitalisierungen und aus Gründen von Natur- und Landschaftsschutz (Ziffern b und c) kann der potenziell natürliche Uferraum (PNU) eine wichtige Grundlage für die Bemessung des Gewässerraumes sein. Der PNU umfasst das Umfeld eines stehenden Gewässers, das mit diesem in einer funktionellen Verbindung steht (z.B. Ufervegetation). Der PNU dürfte bei den meisten stehenden Gewässern wesentlich breiter als 15 Meter sein. Der Kanton Bern stellt als Grundlage einen Geodatensatz zu den PNU zur Verfügung.

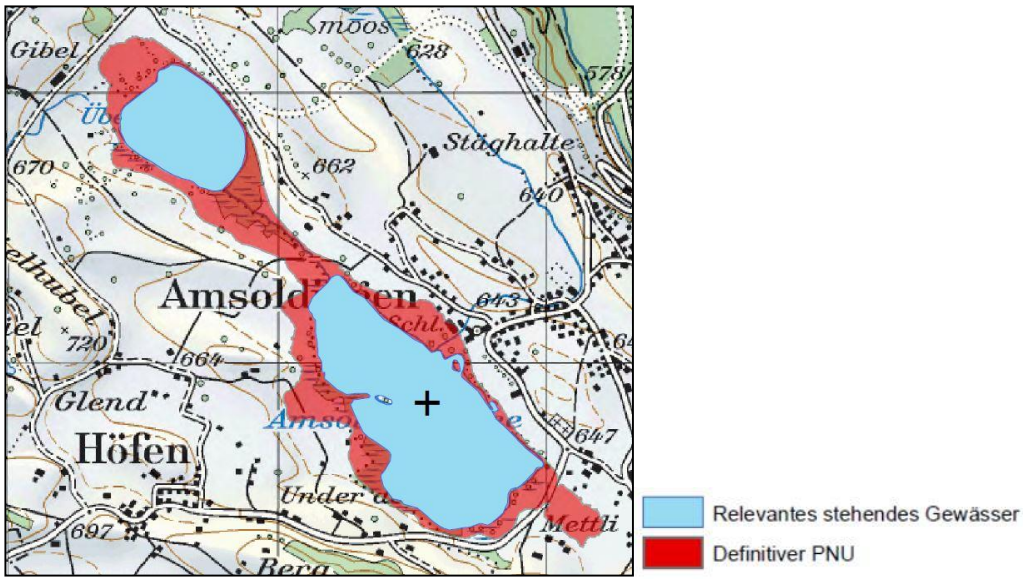


Abb. 9: Beispiel aus dem Geodatensatz „Gewässerraum-Grundlagen - Seen" mit dem potenziellen natürlichen Uferraum (PNU).

Eine weitere wichtige Grundlage bei der Ausscheidung des Gewässerraumes, insbesondere für die Beurteilung der Schutz- und Pufferwirkung gegenüber Landwirschaftsflächen, kann die Gewässeranschlusskarte des Bundesamtes für Landwirtschaft sein. Diese gibt Auskunft über die direkte oder indirekte (über Leitungen) Anbindung von Flächen an die Gewässer. So können beispielsweise Flächen, die direkt in einen Kleinsee erodieren, durch die Festlegung des Gewässerraumes aus der intensiven Nutzung genommen werden und dadurch der Nähr- und Feststoffeintrag in den See reduziert werden.

Soweit keine überwiegenden Interessen entgegenstehen, kann im Wald und in Sömmerungsgebieten, bei einer Wasserfläche von weniger als 0.5 ha und bei künstlich angelegten stehenden Gewässern, auf die Festlegung eines Gewässerraums verzichtet werden. Bei der Prüfung der überwiegenden Interessen ist zu berücksichtigen, dass gerade im intensiv genutzten Mittelland auch Kleinseen mit weniger als 0.5 ha Wasserfläche wichtige Funktionen haben und daher die Ausscheidung eines Gewässerraums in der Regel angezeigt ist.

Hinweis
Auf www.be.ch/gewaesserentwicklung und auf dem Geoportal des Kantons Bern stehen die Arbeitshilfe zur Festlegung des Gewässerraumes sowie verschiedenen GIS-Grundlagen zur Verfügung. Auf der Webseite http://map.geo.admin.ch des Bundes findet sich die Gewässeranschlusskarte.

8. Handlungsbedarf

Alle untersuchten Kleinseen, ausser dem Oeschinensee, weichen von ihrem Referenzzustand ab und sind heute produktiver. Die erhöhte Algenproduktion wird getrieben durch ein Überangebot an Phosphor, welcher einerseits dem See aus dem Einzugsgebiet zufliesst und andererseits bei sauerstofflosen Verhältnissen aus dem Sediment rückgelöst wird. Der Abbau der Planktonbiomasse führt zu anaerobem Tiefenwasser während mehrerer Monate, was sowohl die seeinterne Düngung weiter anheizt und zu einer massiven Verkleinerung des Lebensraums für Wasserlebewesen führt. In den letzten 20 Jahren lässt sich aus den vorhandenen Daten keine Verbesserung des Zustands der untersuchten Seen herauslesen.

Obwohl in den letzten Jahrzehnten verschiedenste Massnahmen für eine Reduktion der Nährstoffzufuhr aus den landwirtschaftlich genutzen Seeeinzugsgebieten umgesetzt wurden, sind diese Anstrengungen konsequent weiterzuführen. Nur so ist es grundsätzlich möglich, eine nachhaltige Stabilisierung oder gar Verbesserung des Seezustandes zu erreichen.

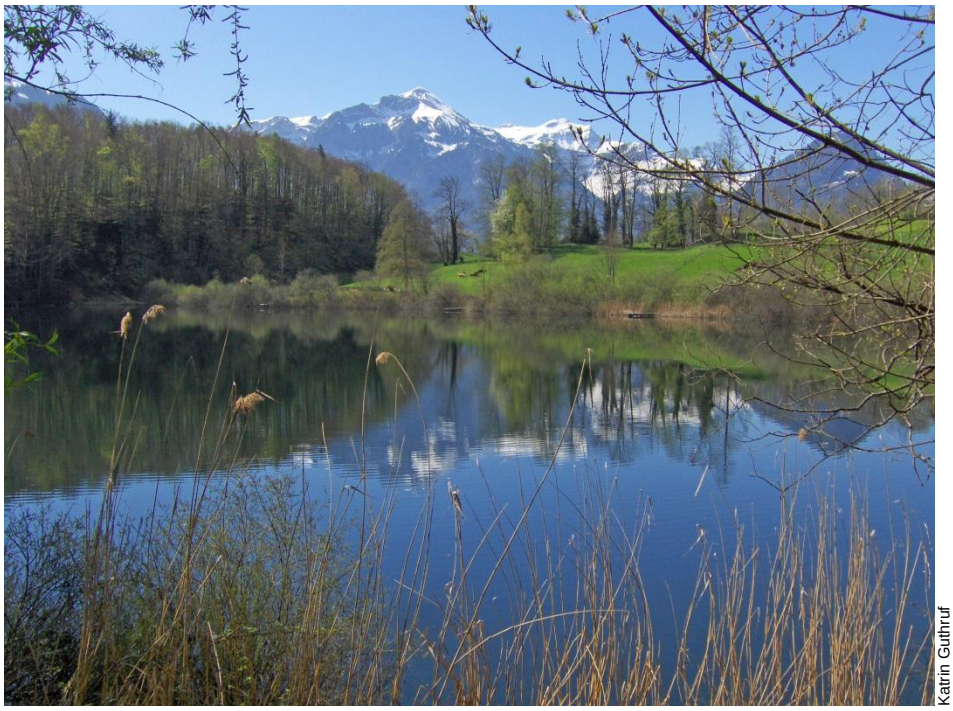
Die Belastung durch Mikroverunreinigungen aus der Landwirtschaft (Pflanzenschutzmittel) und aus der Siedlungsentwässerung (Medikamente, Kosmetika, Industriechemikalien etc.) stellt neben dem Lebensraumverlust eine fundamentale Beeinträchtigung der Kleinseen dar. Die ökotoxikologischen Auswirkungen vieler Pestizid-Wirkstoffe, ihrer Transformationsprodukte und Mischungen, sind heute nur unzureichend bekannt. Im Nationalen Aktionsplan Pflanzenschutzmittel, welcher zur Zeit in Bearbeitung ist, werden verschiedenste Massnahmen für einen reduzierten Einsatz von Pestiziden geprüft. Die Erkenntnisse aus dem Aktionsplan müssen in den nächsten Jahren auf allen Stufen und in sämtlichen Bereichen umgesetzt werden. Auch wenn sich in Zukunft die Seen weiterentwickeln und Lebensräume für andere Organsimen bieten werden, so ist ein ökotoxikologisch intaktes System die unabdingbare Grundvoraussetzung für eine hohe Biodiversität.

Der Fernhaltung von häuslichem Abwasser ist grössere Aufmerksamkeit zu schenken. Das Vorkommen von Markersubstanzen aus der Siedlungsentwässerung zeigt, dass den Kleinseen heute Abwasser zufliesst. Dies, je nach Gewässer, via Entlastungsbauwerke der Kanalisation bei Starkniederschlägen, aus Kleinkläranlagen sowie vereinzelt auch diffus über Austrag von Gülle aus Güllegruben von landwirtschaflichen Liegenschaften, welche nicht an der Kanalisation angeschlossen sind. In der Generellen Entwässerungsplanung GEP sind solche Verhältnisse zu eruieren und wo nötig und bei Verhältnismässigkeit zu sanieren.

9. Seespezifische Auswertungen und Datenanhänge

- Burgseeli 27
- Amsoldingersee 35
- Uebeschisee 43
- Gerzensee 52
- Dittligsee 61
- Lobsigensee 69
- Grosser Moossee 77
- Burgäschisee 86
- Inkwilersee 95
- Oeschinensee 105

Burgseeli



Katrin Guthruf

Landeskarte 1:25'000	1208
Koordinaten Maximaltiefe BUR1	634'139 / 171'864
Höhe Seeoberfläche	613 m.ü.M.
Seefläche	5.25 ha
Maximaltiefe	19.1 m
Seevolumen	449'638 m^3
Fläche topografisches Einzugsgebiet	71.71 ha
maximale Höhe top. Einzugsgebiet	1'602 m.ü.M.
mittlere Höhe top. Einzugsgebiet	861 m.ü.M.

Flächenanteile Einzugsgebiet	
See	8 %
Wald	44 %
Siedlung	1 %
Landwirtschaft	27 %
Fels/Schutt	6 %
unproduktive Fläche	14 %

Inhaltsverzeichnis:

1. Zusammenfassung, Handlungsbedarf
2. Seephysikalische Tiefenprofile
3. Nährstoff-Daten 1993, 2003 und 2013
4. Pestizide und deren Abbauprodukte
5. Phytoplankton
6. Zooplankton

Zusammenfassung

Kriterium	Zustand / Beurteilung
natürlicher Trophiegrad	mesotroph
aktueller Trophiegrad	eutroph (produktiv)
Sauerstoff	Anforderung GSchV nicht erfüllt, aber spezielle natürliche Verhältnisse
Phytoplankton	eutroph bis polytroph
ökotox. Bewertung Pestizide und Transformationsprodukte	gut
Veränderung gegenüber 1993 und 2003	nicht ersichtlich
Abwasserzufluss	ja

Eine reine Temperaturschichtung im Sommer, wie in anderen Seen vergleichbarer Tiefe, tritt im Burgseeli nicht auf. Der Grund für die speziellen Verhältnisse liegt in der ausgeprägten chemischen Schichtung des Seewassers. Im Tiefenwasser nimmt die Leitfähigkeit stark zu und kann sich bis zum Seegrund zeitweise fast verdoppeln. Für die Schichtung in eine sauerstoffreiche Oberflächenschicht (aerobes Epilimnion) und in ein ständig sauerstoffloses Tiefenwasser (anaerobes Hypolimnion) ist, neben der Temperatur, somit hauptsächlich der hohe Gehalt an Ionen verantwortlich. Eine vollständige Zirkulation des Seewassers findet nicht statt (höchstens bis max. ca. 12 m Tiefe).

Die Ammonium-, Gesamtphosphor- und Orthophosphatkonzentrationen im Burgseeli sind im Tiefenwasser (Hypolimnion) sehr hoch, während sie sich im Epilimnion im mittleren bis hohen Bereich bewegen. Das Hypolimnion unterhalb ca. 12 m ist als Lebensraum nur noch für eine hochspezialisierte Gemeinschaft von Bakterien geeignet. Fische leben nur im sauerstoffreichen Epilimnion.

Das Vorhandensein von Markersubstanzen (Koffein, Metformin und Benzotriazol) belegen den Zufluss von häuslichem Abwasser. Mögliche Eintragspfade sind der Zufluss aus Nordwesten, diffuse Einträge aus mit Gülle gedüngten Flächen oder Fehlanschlüsse an die Kanalisation. Ökotoxikologisch sind die gemessenen Konzentrationen unbedenklich.
Eine Veränderung (Verringerung) der Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen im See ist zwischen den 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013 nicht ersichtlich.

Handlungsbedarf

Der Eintrag nicht nur von Markersubstanzen sondern auch von Nährstoffen aus der Siedlungsentwässerung ist möglich, aber nicht quantifizierbar. Eine Überprüfung der Kanalisationsanschlüsse im möglichen Zuströmbereich schafft Klarheit.
Der Fernhaltung der dem See zufliessenden Nährstoffe ist generell hohe Beachtung zu schenken. Ob eine entsprechende Optimierung der landwirtschaftlichen Düngepraxis im Einzugsgebiet möglich ist, bleibt zu prüfen.

Seephysikalische Tiefenprofile

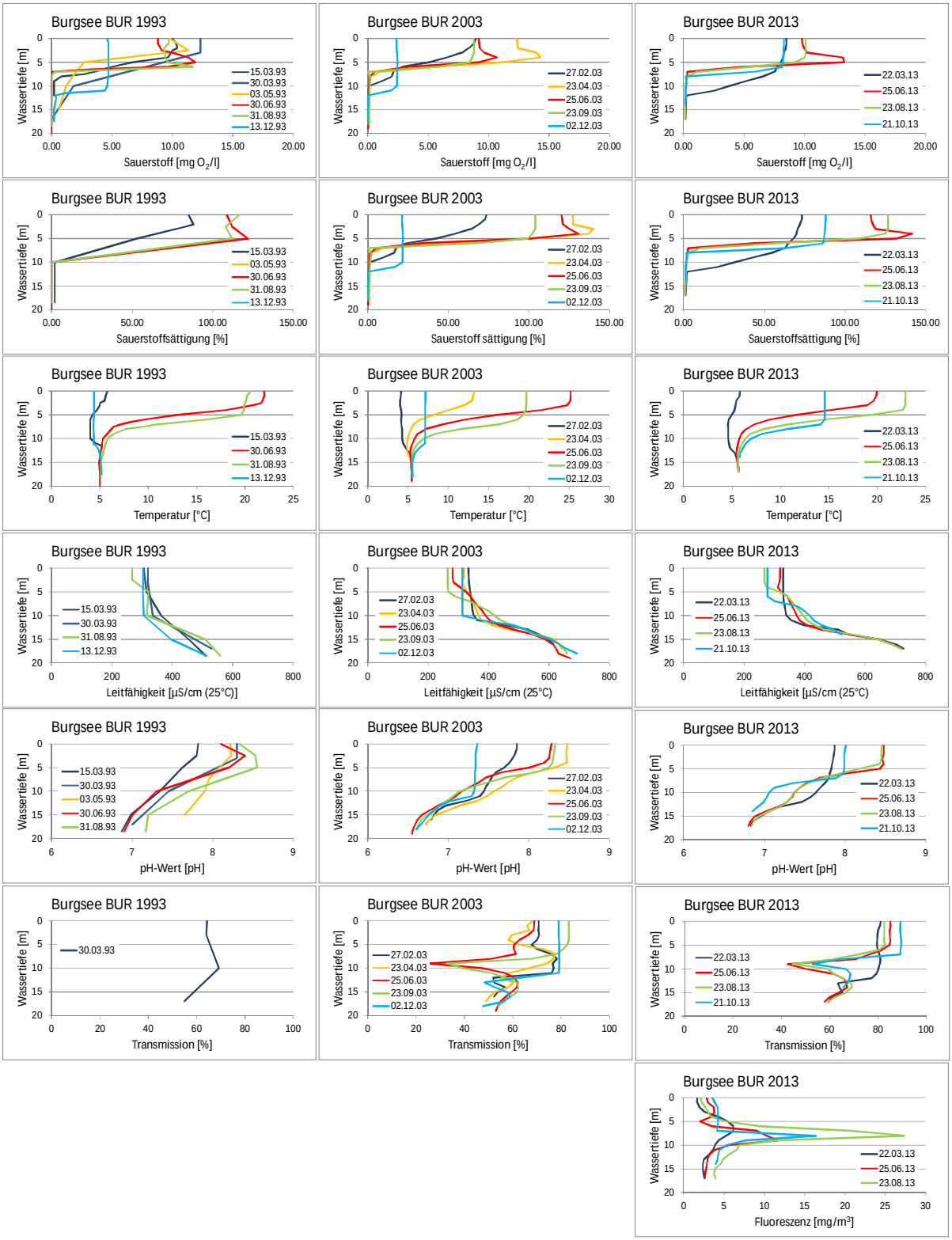


Abb. 10a: Tiefenprofile, erhoben während der 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013.

Nährstoffe

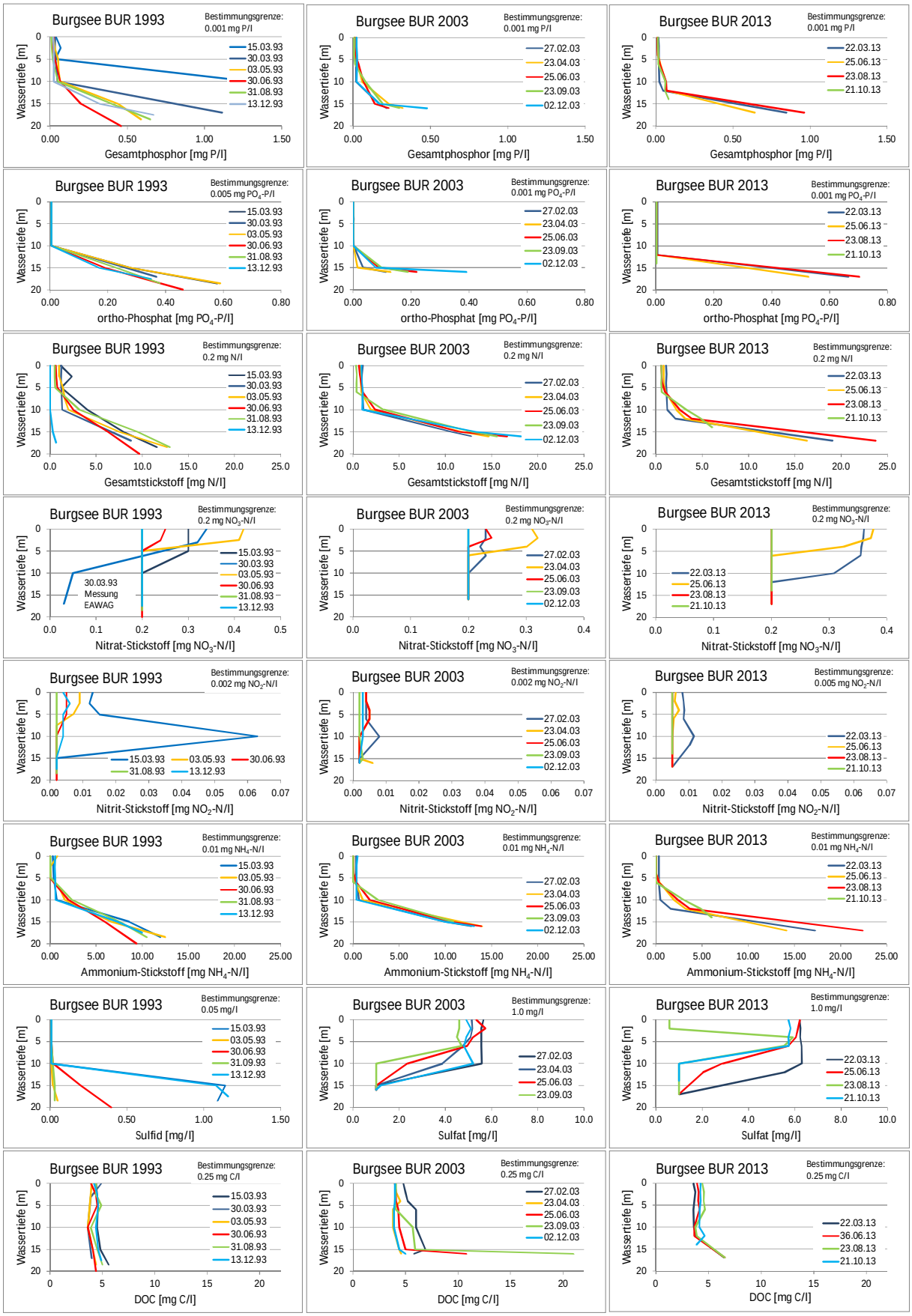


Abb. 10b: Nährstoffdaten, erhoben während der 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013.

Pestizide und Transformationsprodukte

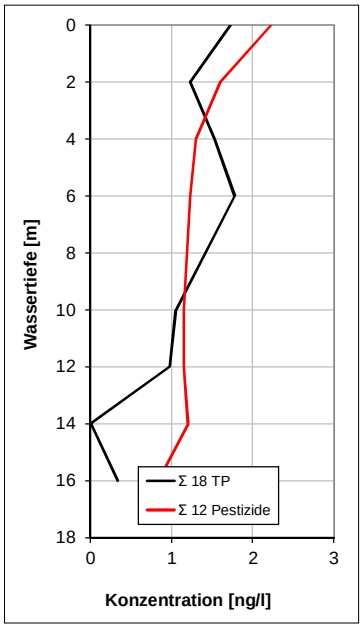


Abb. 11a: Vorkommen von 12 Pestizidwirkstoffen (Summe davon als rote Linie) und die Summe der 18 dazugehörigen Transformations-produkte TP (schwarze Linie). Bei den Pestiziden und TP ist die Summenkonzentration der jeweiligen Tiefenstufe über alle gemessenen Tiefenprofile gemittelt. Im Vergleich zu anderen Kleinseen sind die gefundenen Werte sehr gering.

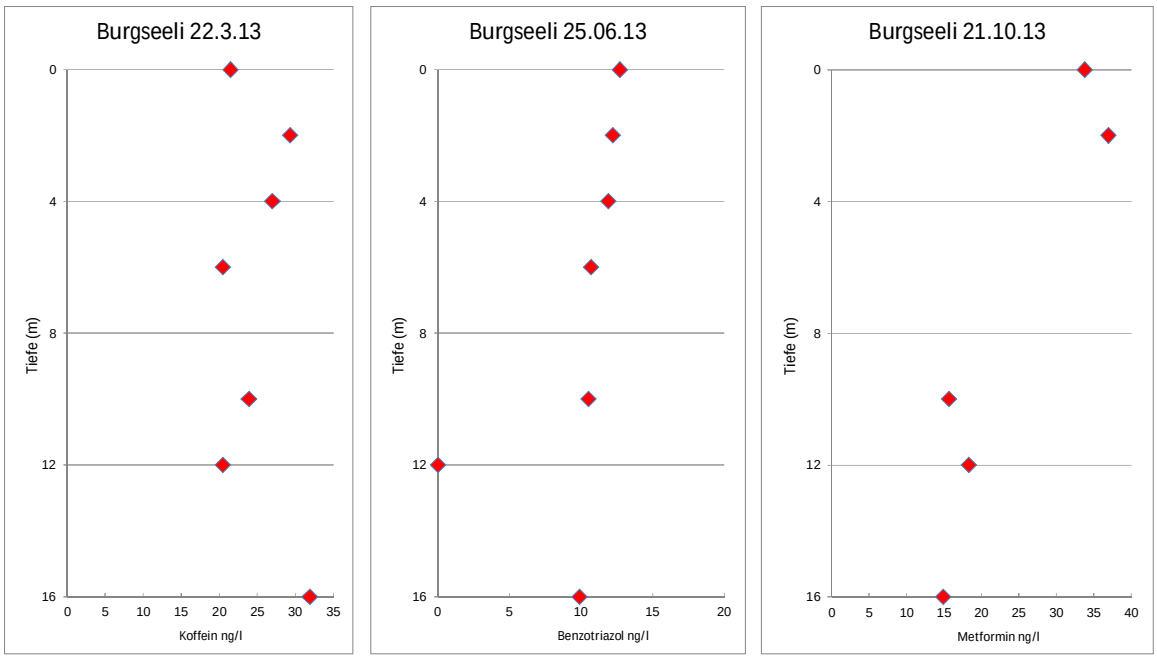


Abb. 11b: Das Vorhandensein der Markersubstanzen Koffein, Benzotriazol und Metformin belegt den Zufluss von häuslichem Abwasser.

Phytoplankton

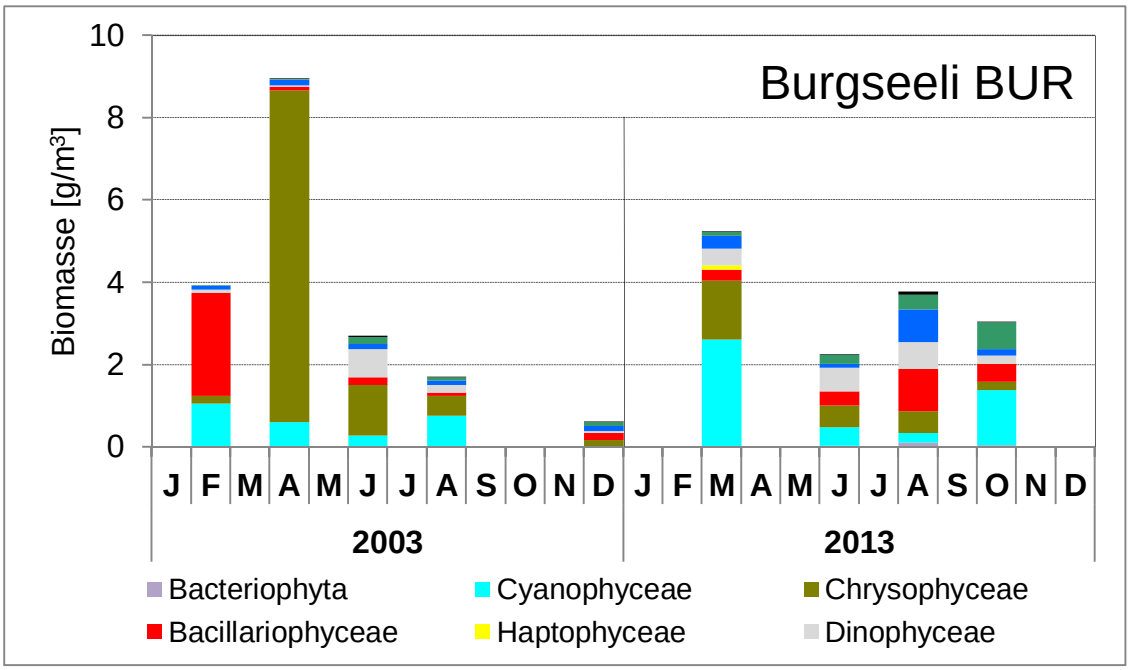


Abb. 12: Biomasse der Algengruppen.

Im Jahr 1993 wurden Taxazahlen, aber keine Biomassen bestimmt (bis zu 58 Taxa pro Datum). 2003 war die Zahl generell geringer (29-40). 2013 schwankte die Zahl zwischen 45 und 54 Taxa. Sowohl 2003 wie 2013 wiesen die Grünalgen (*Chlorophyceae*) mit 24 bzw. 28 die höchste Taxazahl auf. Auch bei den Gold- und Blaualgen (*Chrysophyceae, Cyanophyceae)* wurden in beiden Jahren viele verschiedene Taxa beobachtet. Panzerflagellaten (*Dinophyceae*) und Kieselalgen (*Bacillariophyceae*) waren gut vertreten.

Trotz der Dominanz der Grünalgen von knapp 30% bezüglich der Taxazahl wird die Biomasse überwiegend von anderen Algengruppen gebildet: 2003 waren es vor allem die Gold-, Kiesel- und Blaualgen. 2013 sind nebst diesen drei Gruppen auch Panzerflagellaten und Schlundalgen (*Cryptophyceae*) relevant für die Biomasse. Trotz eines grösseren Maximalwertes der Biomasse 2003 sind die Grösse der Biomasse und der Schwankungsbereich in beiden Untersuchungsjahren ähnlich.

2003 bildete die Goldalge *Dinobryon divergens* im Frühjahr eine "Blüte" (Massenvorkommen), wobei über 90% der gesamten Biomasse aus dieser Art bestand. 2013 wurden die Blaualgen sowohl im Frühling wie im Herbst von *Planktothrix rubescens* (Burgunderblutalge) dominiert, die bei einem sehr starkem Massenaufkommen das Wasser purpurrot einfärbt. Das mehrfache Auftreten von Massenvorkommen einzelner Algenarten im Jahresverlauf ist für Gewässer mit viel verfügbaren Nährstoffen typisch.

See	Jahr	Mittel [g/m³]	Maximum [g/m³]	natürlicher Trophiegrad (LAWA 1998)	Trophie nach BRETTUM (Spitzenwert)	Trophie nach BRETTUM (Mittelwert der Vegetationsperiode)	Trophie nach HEINONEN (Mittelwert der Vegetationsperiode)
BUR	2003	3.543	8.912	mesotroph			
	2013	3.230	4.883				

Tabelle 6: berechneter natürlichen Trophiegrad und Bestimmung des heutigen Trophiegrades anhand des Mittel und Maximum der Gesamtbiomasse der Algen [g/m³] mit verschiedenen Methoden

Der aufgrund der Morphometrie des Sees errechnete natürliche trophische Zustand ist ein mässig mit Nährstoffen belastetes Gewässer (mesotroph). Drei Methoden zur Beurteilung der Trophie anhand der Algenbiomasse stufen das Burgseeli 2003 und 2013 jedoch als stark gedüngt bis überdüngt (eutroph-polytroph) ein.
Eine Verbesserung der Situation in den letzten 10 Jahren ist nicht ersichtlich.

Abb. 13a: In beiden Jahren konnten in den Sommermonaten die Augentierchen *Euglena acus* (hier in Teilung) beobachtet werden. Es bevorzugt nährstoffreiche Gewässer. (Vergrösserung 1:100)

Abb. 13b: Verschiedene Schwefel- und andere Bakterien wie hier *Peloploca* leben an der Grenze vom sauerstofffreien Tiefenwasser und in der sauerstoffarmen Zone darüber. (Vergrösserung 1:1000)

Zooplankton (Crustaceen)

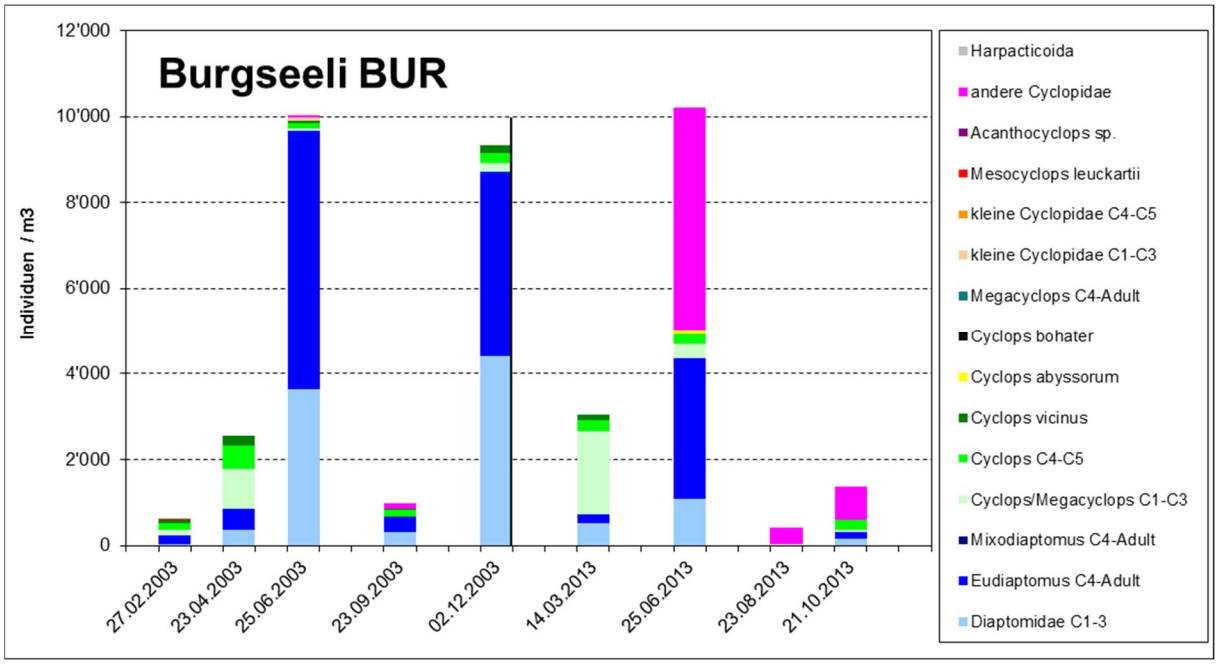


Abb. 14: Individuendichte der Ruderfusskrebse (*Copepoda*) im Burgseeli 2003 und 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

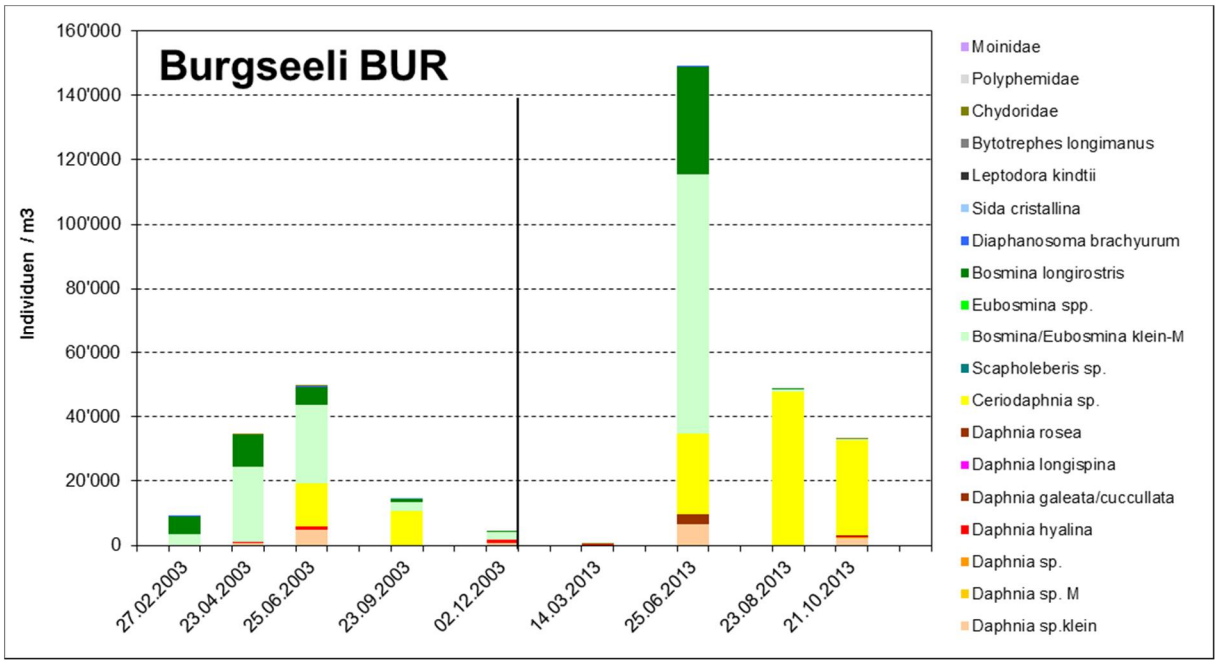
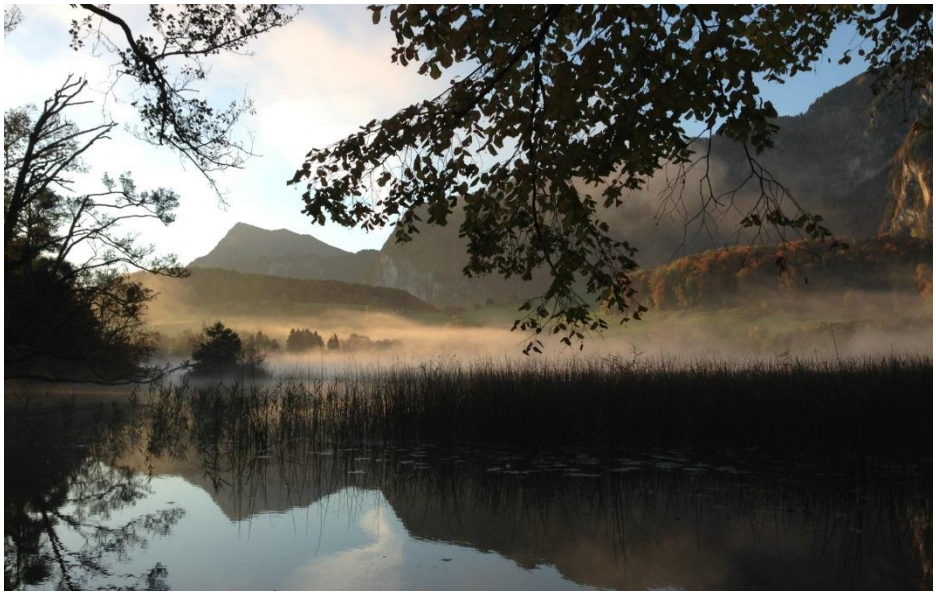


Abb. 15: Individuendichte der Blattfusskrebse (*Cladocera*) im Burgseeli 2003 und 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

Die maximale Crustaceenbiomasse erreichte im Burgseeli Werte von 2.3 g/m^3 (2003) und 5.2 g/m^3 (2013). Die Werte sind damit in einem ähnlichen Bereich wie die Kleinseen im Mittelland. Das Maximum im Juni 2013 ist primär auf eine Massenentwicklung von Rüsselkrebschen (*Bosmina longirostris*, 113'000 Ind./m^3) zurückzuführen.
Die Abfolge der Crustaceenarten weicht deutlich ab von den andern Kleinseen. Das ist sehr wahrscheinlich auf die Gewässersituation mit einer permanenten chemischen Schichtung und damit einem eingeschränkten Lebensbereich für Crustaceen zurückzuführen. Im Frühling 2013 traten fast nur Ruderfusskrebse (*Copepoda*) auf und dies nur in geringer Abundanz (um 3000 Ind./m^3), einerseits Schwebekrebschen (*Eudiaptomus gracilis*), andererseits Hüpferlinge (vor allem *Cyclops vicinus*). Im Juni 2013 erhöhte sich die Abundanz der Schwebekrebschen, zusätzlich trat neu *Macrocyclops albidus* auf. Der Anteil der *Copepoda* blieb aber im Sommer und Herbst sehr niedrig. Neben einigen grossen Wasserflöhen (*Daphnia sp*.) dominierten vor allem Rüsselkrebschen (*Bosmina logirostris*) im Sommer und kleine Wasserflöhe (*Ceriodaphnia sp*.) im Herbst.
Im Vergleich mit 2003 nahm die Gesamtbiomasse im Sommer und Herbst 2013 deutlich zu durch die hohen Abundanzen von *Bosmina longirostris* und *Ceriodaphnia sp*.. Bei den *Copepoda* zeigte *Eudiaptomus gracilis* eine geringere Abundanz, dafür trat neu *Macrocyclops albidus* auf. Es zeigten sich keine klaren Hinweise auf Zu- oder Abnahme der Nährstoffbelastung.

Amsoldingersee



Noemi Zweifel

Landeskarte 1:25'000	1207
Koordinaten Maximaltiefe AMS1	610'530 / 174'905
Höhe Seeoberfläche	641 m.ü.M.
Seefläche	38.07 ha
Maximaltiefe	13.9 m
Seevolumen	2'552'682 m^3
Fläche topografisches Einzugsgebiet	420.2 ha
maximale Höhe top. Einzugsgebiet	761 m.ü.M.
mittlere Höhe top. Einzugsgebiet	670 m.ü.M.

Flächenanteile Einzugsgebiet	
See	13 %
Wald	3 %
Siedlung	2 %
Landwirtschaft	72 %
unproduktive Fläche	10 %

Inhaltsverzeichnis:

1. Zusammenfassung, Handlungsbedarf
2. Seephysikalische Tiefenprofile
3. Nährstoff-Daten 1993, 2003 und 2013
4. Pestizide und deren Abbauprodukte
5. Phytoplankton
6. Zooplankton

Zusammenfassung

Kriterium	Zustand / Beurteilung
natürlicher Trophiegrad	mesotroph
aktueller Trophiegrad	eutroph (produktiv)
Sauerstoff	Anforderung GSchV nicht erfüllt
Phytoplankton	eutroph bis polytroph
ökotox. Bewertung Pestizide und Transformationsprodukte	gut
Veränderung gegenüber 1993 und 2003	nicht ersichtlich
Abwasserzufluss	ja

Der Amsoldingersee ist auf Grund seiner Wassertiefe in der warmen Jahreszeit stabil geschichtet. Ein Wasseraustausch zwischen dem kalten Tiefenwasser und warmen Oberflächenwasser findet dabei nur sehr beschränkt statt. Der Sauerstoffverbrauch beim Abbau der absterbenden Planktonbiomasse führt während dieser Zeit zu einem sauerstoff-armen bzw. vollständig sauerstofflosen Tiefenwasser ab rund 7 m Tiefe. Die Anforderung gemäss Anhang 2 der GSchV bezüglich Sauerstoff wird nicht eingehalten.

Dem See fliessen zeitweise Nährstoffe zu aus einem Bauwerk der Siedlungsentwässerung sowie diffus aus drainierten landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet. Eine Quantifizierung der Nährstoffzufuhr bei beiden Quellen ist nicht möglich. Das Vorhandensein von Markersubstanzen (Koffein und Metformin) belegen den Zufluss von häuslichem Abwasser. Die entsprechenden Konzentrationen sind sehr gering und ökotoxikologisch unbedenklich.

Eine Veränderung (Verringerung) der Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen im See ist zwischen den 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013 nicht ersichtlich.

Auf Grund des vergleichsweisen geringen Anteils an Ackerflächen im Einzugsgebiet sind die 2013 gemessenen Werte von Pestiziden und deren Abbauprodukten relativ klein. Der Amsoldingersee weist diesbezüglich, ev. auch auf Grund fehlender ökotoxikologischer Qualitätskriterien für die ermittelten Konzentrationen der Transformationsprodukte, eine gute Wasserqualität auf.

Handlungsbedarf

Die Lage des Amsoldinger- und Uebeschisees in einer geschützten Moorlandschaft und die damit verbundenen Schutzmassnahmen dürften zu einer Stabilisierung, wenn auch (noch) nicht zu einer messbaren Verbesserung des Seezustandes geführt haben. Die Fernhaltung von häuslichem Abwasser (durch die Regentlastung und Austrag von Gülle) ist durch geeignete und verhältnismässige Massnahmen weiter zu optimieren (GEP-Massnahmen). Der Eintrag von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln aus der Landwirtschaft ist zu verringern. Erkenntnisse aus dem nationalen Aktionsplan Pflanzenschutzmittel sind auf allen Ebenen umzusetzen.

Seephysikalische Tiefenprofile

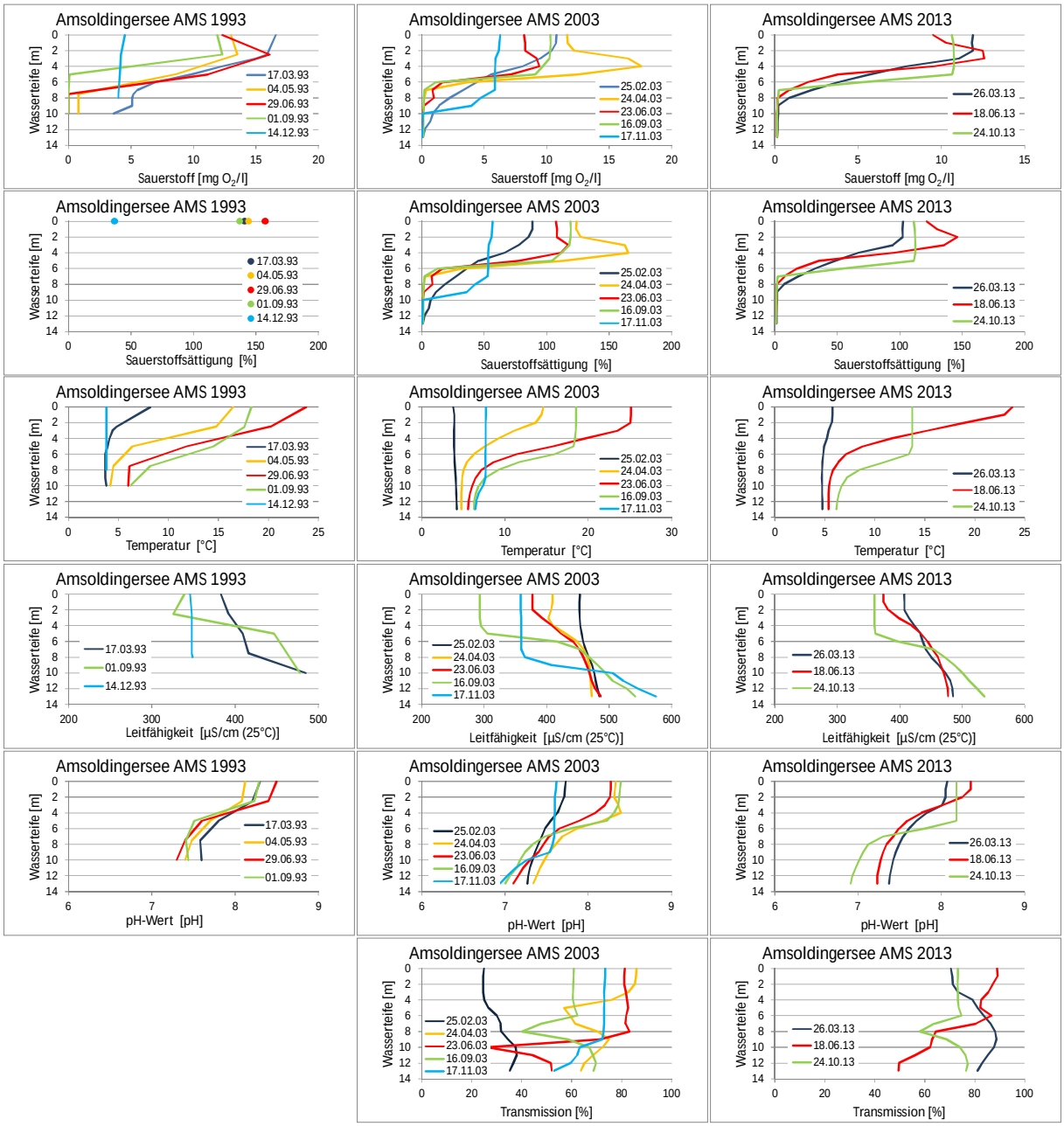


Abb. 16: Seephysikalische Messparameter, erhoben während der 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013. Keine Daten vom August 2013 vorhanden.

Nährstoffe

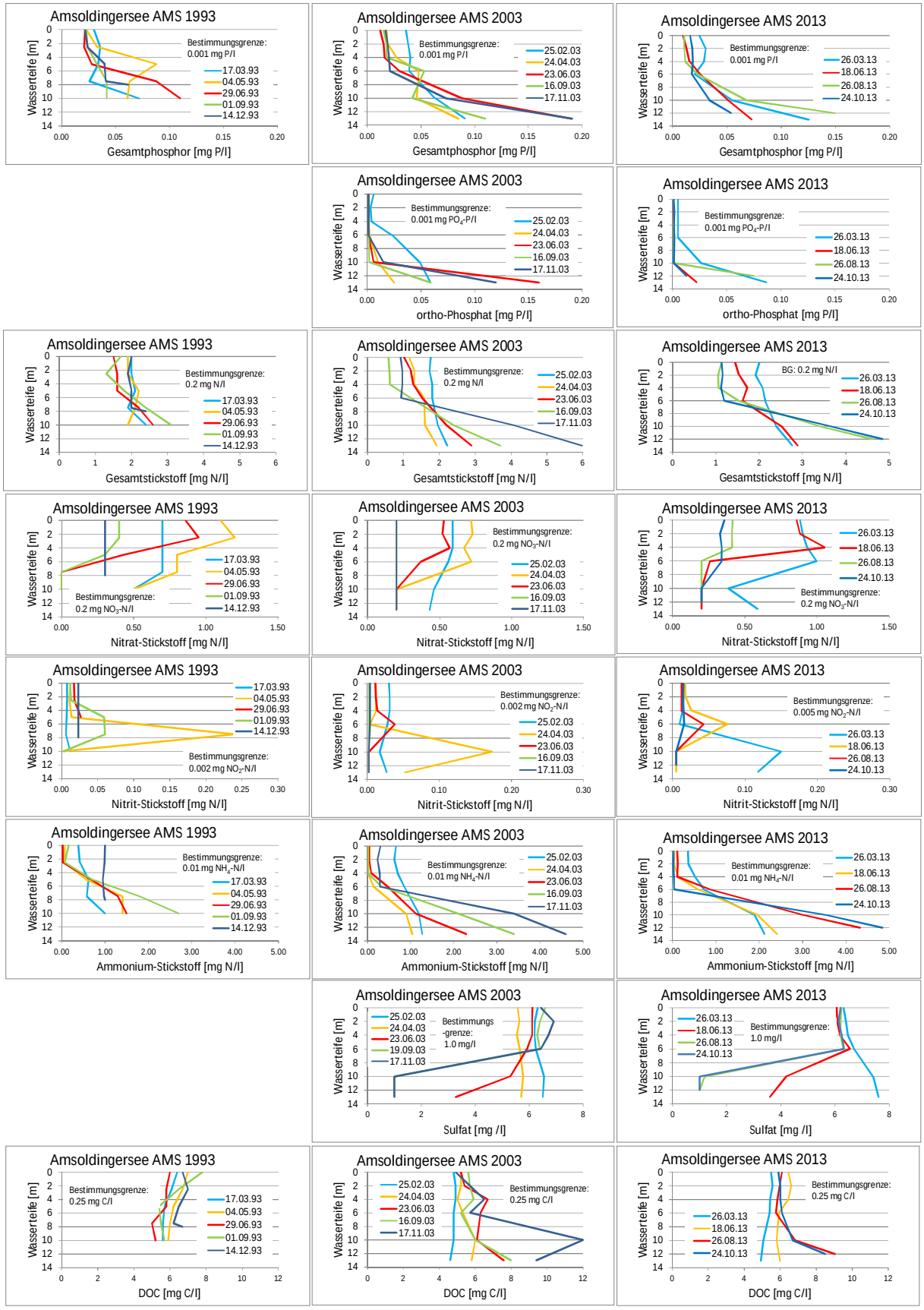


Abb. 17: Nährstoffdaten, erhoben während der 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013.

Pestizide und Transformationsprodukte

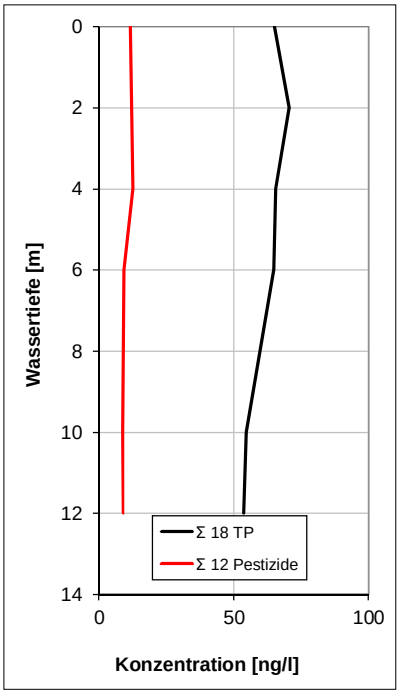


Abb. 18: Vorkommen von 12 Pestizidwirkstoffen (Summe davon als rote Linie) und die Summe der 18 dazugehörigen Transformationsprodukte TP (schwarze Linie). Bei den Pestiziden und TP ist die Summenkonzentration der jeweiligen Tiefenstufe über alle gemessenen Tiefenprofile gemittelt.

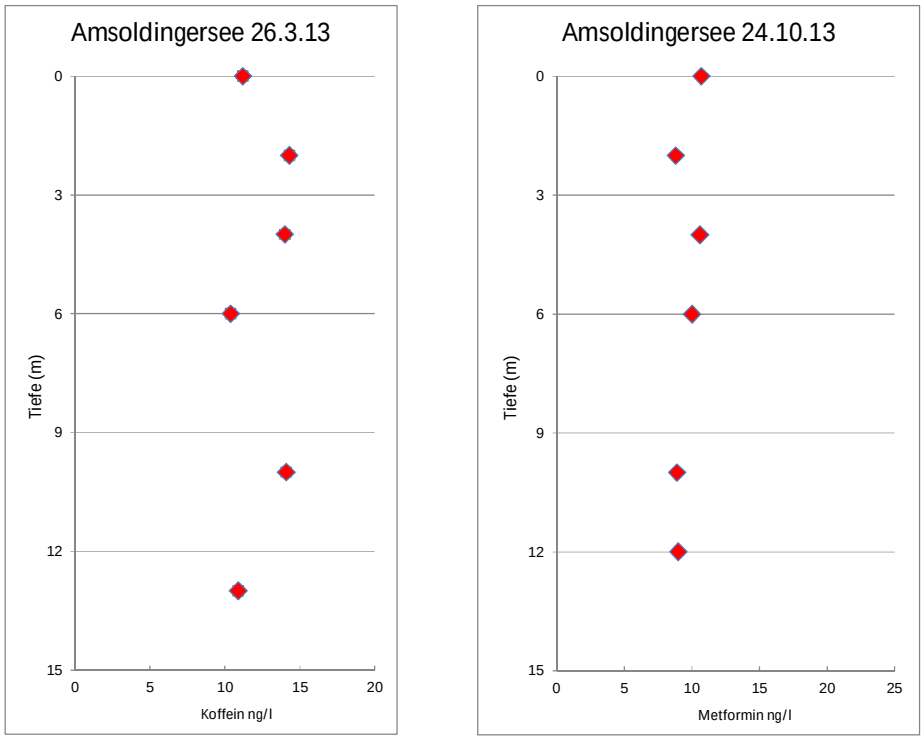


Abb. 19: Das Vorhandensein der Markersubstanzen Koffein und Metformin belegt einen (geringen) Zufluss von häuslichem Abwasser.

Phytoplankton

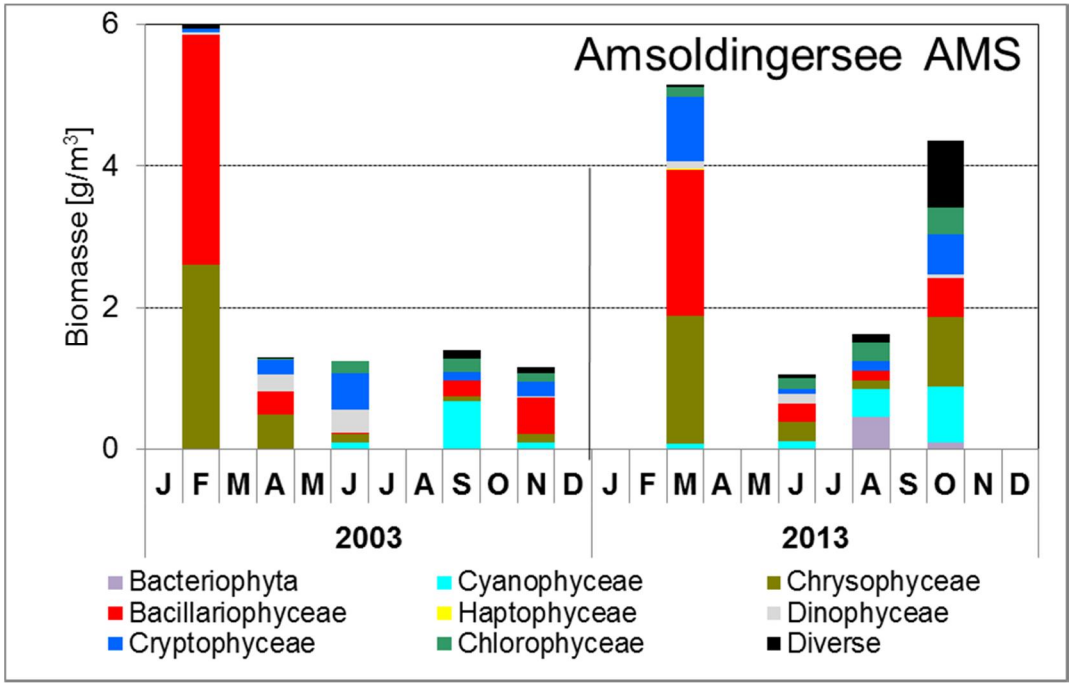


Abb. 20: Biomasse der Algengruppen.

Sowohl 2003 wie 2013 gehörten mit 29 bzw. 35 Taxa über 30 % der gefundenen Algen der Gruppe der Grünalgen (*Chlorophyceae*) an, gefolgt von Gold-, Kiesel- und Blaualgen (*Chrysophyceae, Bacillariophyceae und Cyanophyceae*).
Trotz ihrer grossen Taxazahl hatten die Grünalgen in beiden Jahren nur einen geringen Anteil an der Biomasse der Algen. Deutlich mehr Biomasse bildeten die Gold- und Kieselalgen, insbesondere im Frühjahr und Herbst. In beiden Jahren traten erst im Herbst erhöhte Blaualgenbiomassen auf.
Im Herbst trugen auch Bakterien massgeblich zur Biomasse des Planktons bei. Sie stammen aus den unteren Wasserschichten an der Grenze zur sauerstofffreien Zone, die an diesen Daten bei 7 bzw. 8 m Wassertiefe (Probenahmetiefe 0 -10 m für das Phytoplankton) begann.
Die Biomassen im Amsoldingersee variierten in beiden Jahren in einer ähnlichen Grössenordnung zwischen 1 und 6 g/m^3. Das heisst, es wurden zwar Massenvorkommen ("Algenblüten"), aber keine aussergewöhnlich hohen zum Zeitpunkt der Probenahmen, festgestellt. Das mehrfache Auftreten von Massenvorkommen einzelner Algenarten im Jahresverlauf ist für Gewässer mit viel verfügbaren Nährstoffen typisch.

See	Jahr	Mittel [g/m^3]	Maximum [g/m^3]	natürlicher Trophiegrad (LAWA 1998)	Trophie nach BRETTUM (Spitzenwert)	Trophie nach BRETTUM (Mittelwert der Vegetationsperiode)	Trophie nach HEINONEN (Mittelwert der Vegetationsperiode)
AMS	2003	2.204	5.953	mesotroph			
	2013	2.748	4.827				

Tabelle 7: Mittel und Maximum der Gesamtbiomasse der Algen im Amsoldingersee [g/m^3]

Der nach Kenngrössen der Seebeckenmorphometrie berechnete natürliche Trophiegrad (LAWA 1998) ergibt im Amsoldingersee eine mässige Nährstoffbelastung (mesotroph). Verschiedene Methoden zur Beurteilung der Trophie anhand der Algenbiomasse stufen den Amsoldingersee jedoch sowohl 2003 wie 2013 als stark gedüngt bis überdüngt (eutroph-polytroph). Eine Ausnahme bildet für das Jahr 2003 die Bewertung nach der Methode Heinonen.
Eine Verbesserung der Situation in den letzten 10 Jahren ist nicht feststellbar.

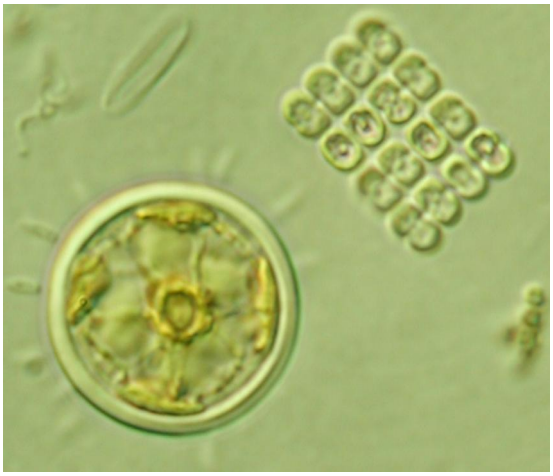


Abb. 21: Die Platten bildende Kolonie der Blaualge *Merismopedia* und die runde Kieselalge *Cyclotella* traten vom Sommer bis Herbst 2003 und 2013 häufig auf. (Vergrösserung 1:1000)

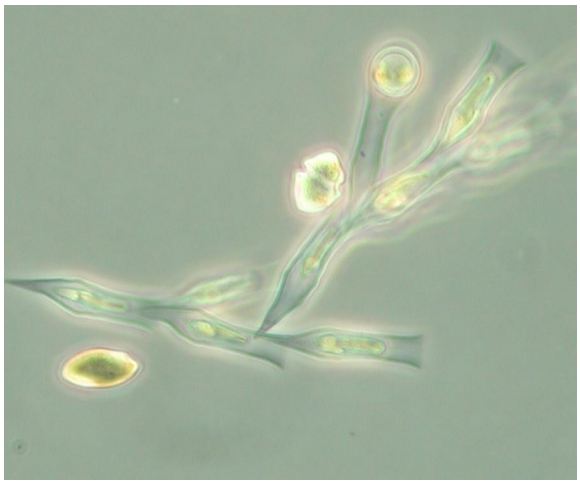


Abb. 22: Die Goldalgenkolonie *Dinobryon divergens* wurde 2003 und 2013 im Frühjahr beobachtet. Sie ist typisch für kühles Wasser und gute Lichtverhältnisse. (Vergrösserung 1:400)

Zooplankton (Crustaceen)

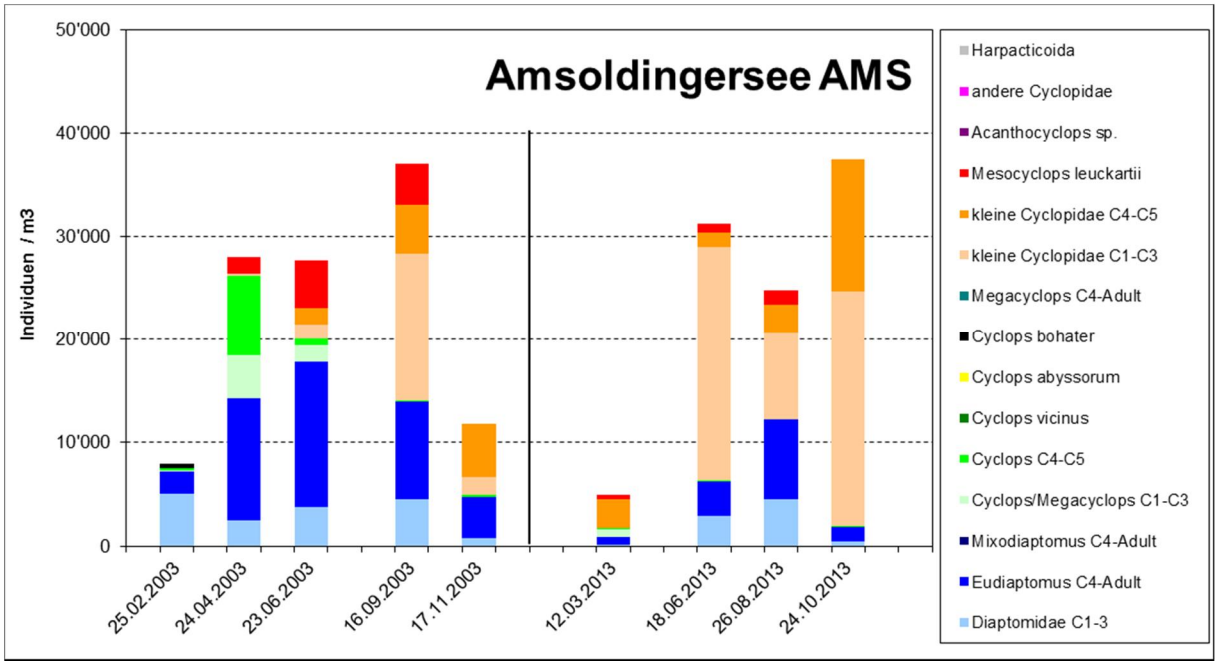


Abb. 23: Individuendichte der Ruderfusskrebse (Copepoda) im Amsoldingersee 2003 und 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

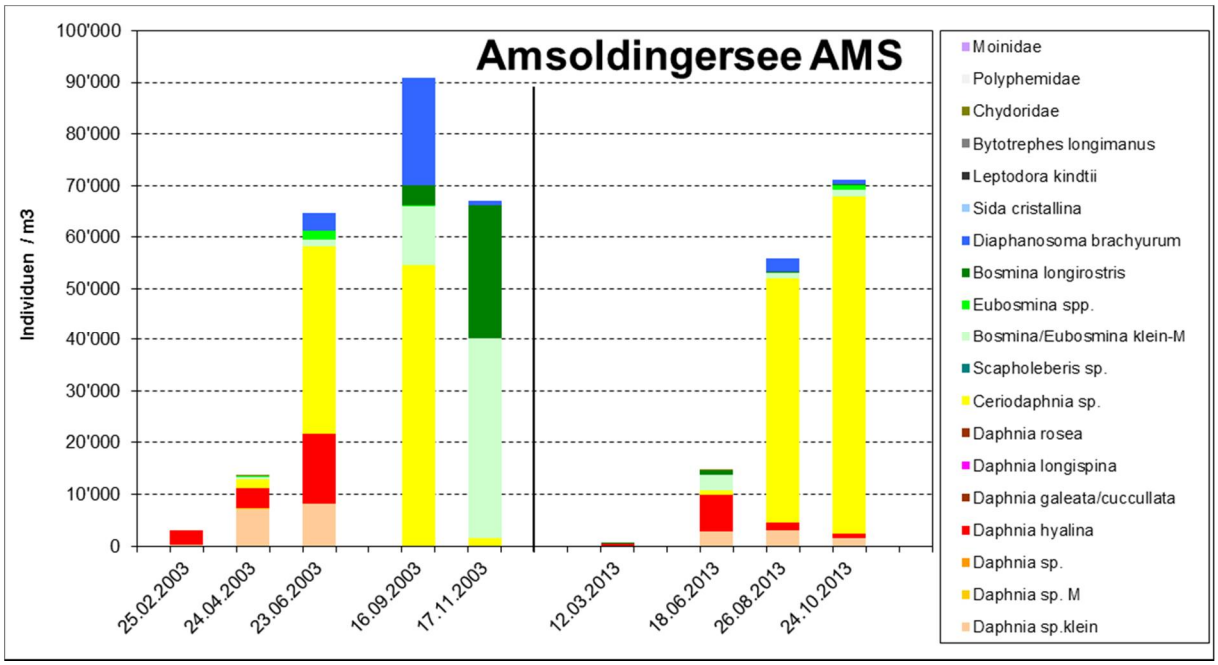


Abb. 24: Individuendichte der Blattfusskrebse (Cladocera) im Amsoldingersee 2003 und 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

Die Crustaceenbiomasse erreicht im Amsoldingersee 2013 mit knapp 5 g/m^3 ein etwas tieferes Maximum als 2003 (7.8 g/m^3). Diese Werte entsprechen auch den anderen Mittellandseen wie Moossee, Gerzensee und Uebeschisee. Die höchsten Biomassen und Abundanzen werden im Sommer und Herbst erreicht und primär durch das Auftreten der kleinen Wasserfloh-Art *Ceriodaphnia sp.* in hohen Abundanzen (bis 65'000 Individuen/m^3) bestimmt.
Die Abfolge der Crustaceenarten ist typisch für die kleinen meso- bis eutrophen Seen: im Frühling dominieren die Schwebekrebschen mit *Eudiaptomus gracilis* und die grösseren Hüpferlinge mit Cyclops-Arten (*Cyclops vicinus* und *C. bohater*) sowie die Wasserflöhe mit *Daphnia sp*.. Im Sommer folgen dann die kleinen Hüpferlinge - *Mesocyclops leuckartii* - sowie die erwähnten kleinen Wasserflöhe - *Ceriodaphnia sp*..
Während 2003 im späten Sommer noch sehr viele *Diaphanosoma brachyurum* und im Herbst Rüsselkrebschen - *Bosmina longirostris* - auftraten, erreichen diese 2013 deutlich geringere Abundanzen. Dies wird wahrscheinlich durch kleinere Veränderungen von Jahr zu Jahr verursacht oder allenfalls durch die Verschiebung der Probenahmezeitpunkte, wie beispielsweise die deutlich geringere Abundanz von *Cyclops sp*. 2013 im Vergleich zu 2003 (hier wurde der Hauptentwicklungszeitpunkt verpasst). Die Entwicklung von 2003 zu 2013 zeigt aber keine wesentliche Änderung der Zooplanktonzusammensetzung, welche auf eine Verbesserung des Seezustandes schliessen liesse.

Uebeschisee

Noemi Zweifel

Landeskarte 1:25'000	1207
Koordinaten Maximaltiefe UEB1	609'722 / 175'875
Höhe Seeoberfläche	641 m.ü.M.
Seefläche	14.21 ha
Maximaltiefe	14.7 m
Seevolumen	1'020'657 m^3
Fläche topografisches Einzugsgebiet	125.03 ha
maximale Höhe top. Einzugsgebiet	760 m.ü.M.
mittlere Höhe top. Einzugsgebiet	669 m.ü.M.

Flächenanteile Einzugsgebiet	
See	12 %
Wald	2 %
Siedlung	1 %
Landwirtschaft	75 %
unproduktive Fläche	10 %

Inhaltsverzeichnis:

1. Zusammenfassung, Handlungsbedarf
2. Seephysikalische Tiefenprofile
3. Nährstoff-Daten 1993, 2003 und 2013
4. Pestizide und deren Abbauprodukte
5. Phytoplankton
6. Zooplankton

Zusammenfassung

Kriterium	Zustand / Beurteilung
natürlicher Trophiegrad	mesotroph
aktueller Trophiegrad	eutroph (produktiv)
Sauerstoff	Anforderung GSchV nicht erfüllt
Phytoplankton	eutroph bis polytroph
ökotox. Bewertung Pestizide und Transformationsprodukte	gut
Veränderung gegenüber 1993 und 2003	nicht ersichtlich
Abwasserzufluss	ja

Der Uebeschisee ist auf Grund seiner Wassertiefe in der warmen Jahreszeit stabil geschichtet. Ein Wasseraustausch zwischen dem kalten Tiefenwasser und warmen Oberflächenwasser findet dabei nur sehr beschränkt statt. Der Sauerstoffverbrauch beim Abbau der absterbenden Planktonbiomasse führt während dieser Zeit zu einem sauerstoff-armen bzw. vollständig sauerstofflosen Tiefenwasser ab rund 6 m Tiefe. Die Anforderung gemäss Anhang 2 der GSchV bezüglich Sauerstoff wird nicht eingehalten.

Dem See fliessen zeitweise Nährstoffe zu aus einer Regenentlastung im Nordosten sowie diffus aus drainierten landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet. Eine Quantifizierung der Nährstoffzufuhr bei beiden Quellen ist nicht möglich. Das Vorhandensein der Markersubstanz Metformin belegt den (geringen) Zufluss von häuslichem Abwasser. Ökotoxikologisch sind die entsprechenden Konzentrationen unbedenklich.

Eine Veränderung (Verringerung) der Phosphor- und Stickstoffkonzentrationen im See ist zwischen den 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013 nicht ersichtlich.

Auf Grund des vergleichsweisen geringen Anteils an Ackerflächen im Einzugsgebiet sind die 2013 gemessenen Werte von Pestiziden und deren Abbauprodukten relativ klein. Der Uebeschisee weist diesbezüglich, ev. auch auf Grund fehlender ökotoxikologischer Qualitätskriterien für die ermittelten Konzentrationen der Transformationsprodukte, eine gute Wasserqualität auf.

Handlungsbedarf

Die Lage des Uebeschi- und Amsoldingersees in einer geschützten Moorlandschaft und die damit verbundenen Schutzmassnahmen dürften zu einer Stabilisierung, wenn auch (noch) nicht zu einer messbaren Verbesserung des Seezustandes geführt haben. Die Fernhaltung von häuslichem Abwasser (durch die Regentlastung und Austrag von Gülle) ist durch geeignete und verhältnismässige Massnahmen zu optimieren (GEP-Massnahmen).
Der Eintrag von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln aus der Landwirtschaft ist zu verringern. Erkenntnisse aus dem nationalen Aktionsplan Pflanzenschutzmittel sind auf allen Ebenen umzusetzen.

Seephysikalische Tiefenprofile

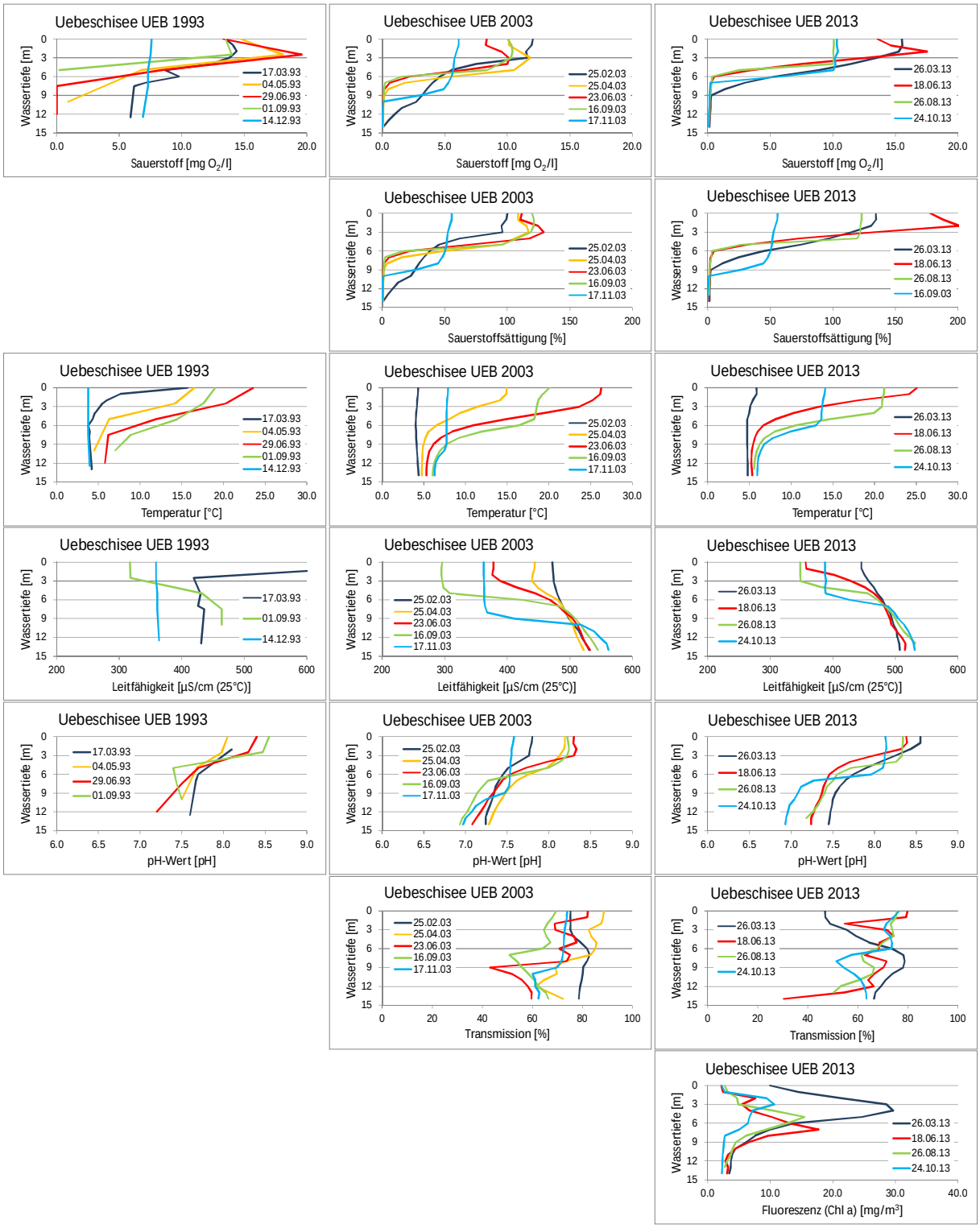


Abb. 25: Tiefenprofile, erhoben während der 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013.

Nährstoffe

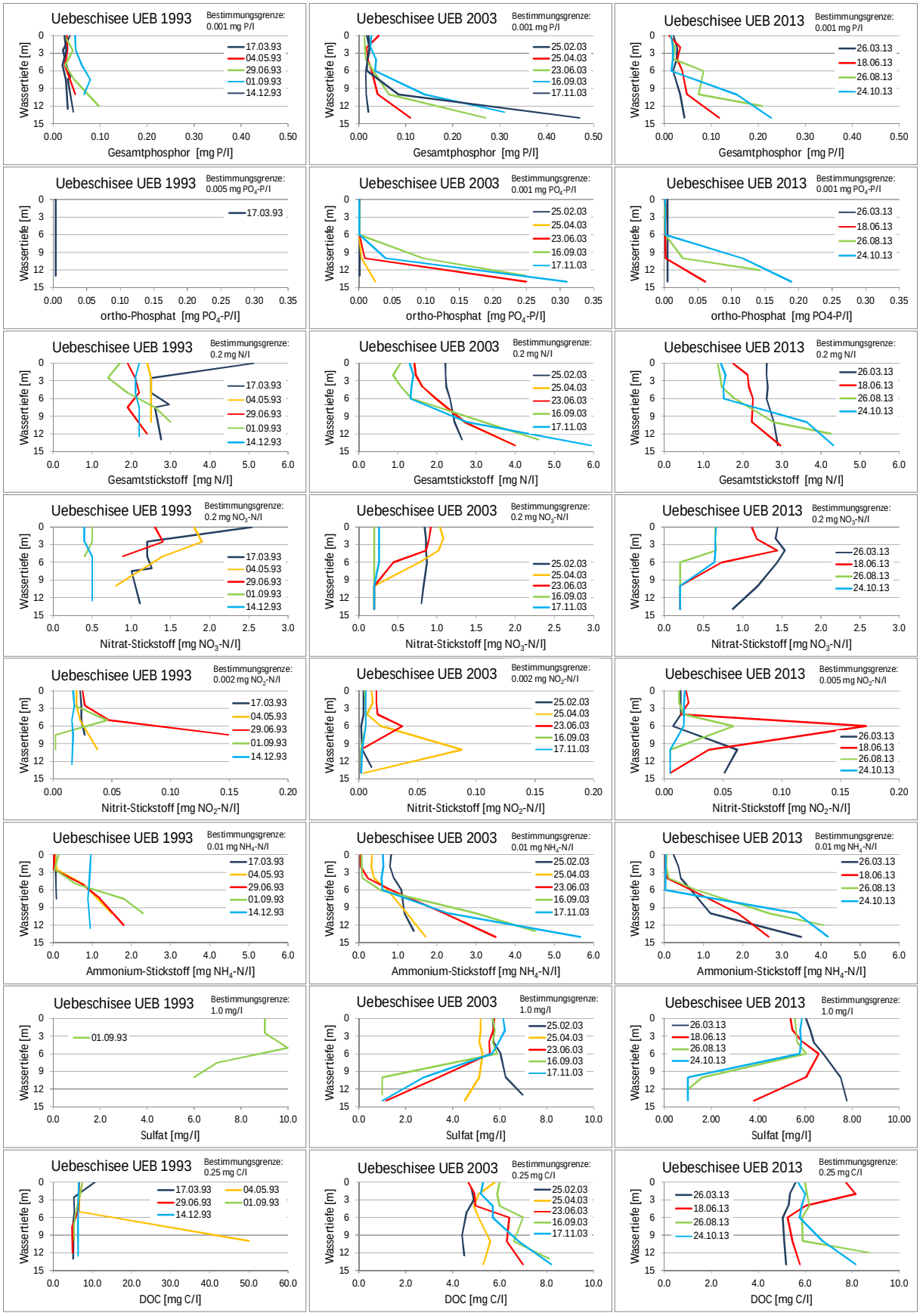


Abb. 26: Nährstoffdaten, erhoben während der 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013.

Pestizide und Transformationsprodukte

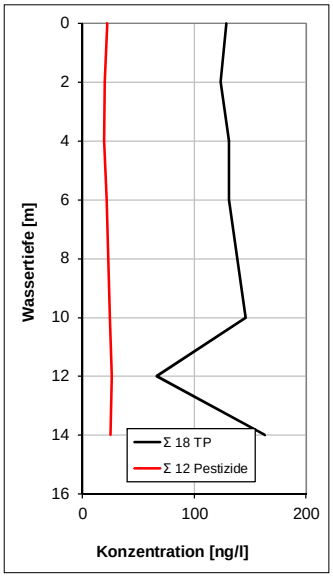


Abb. 27: Vorkommen von 12 Pestizidwirkstoffen (Summe davon als rote Linie) und die Summe der 18 dazugehörigen Transformationsprodukte TP (schwarze Linie). Bei den Pestiziden und TP ist die Summenkonzentration der jeweiligen Tiefenstufe über alle gemessenen Tiefenprofile gemittelt.

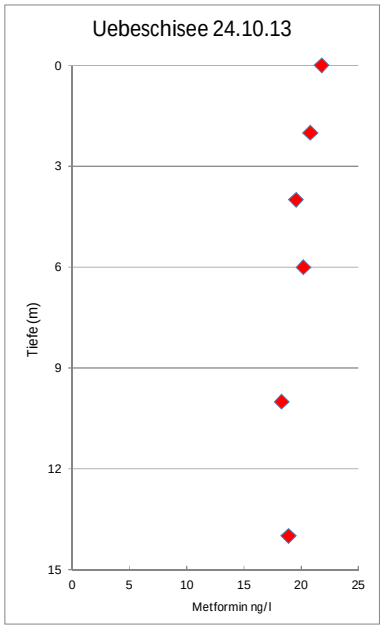


Abb. 28: Das Vorhandensein der Markersubstanz Metformin belegt den Zufluss von häuslichem Abwasser.

Phytoplankton

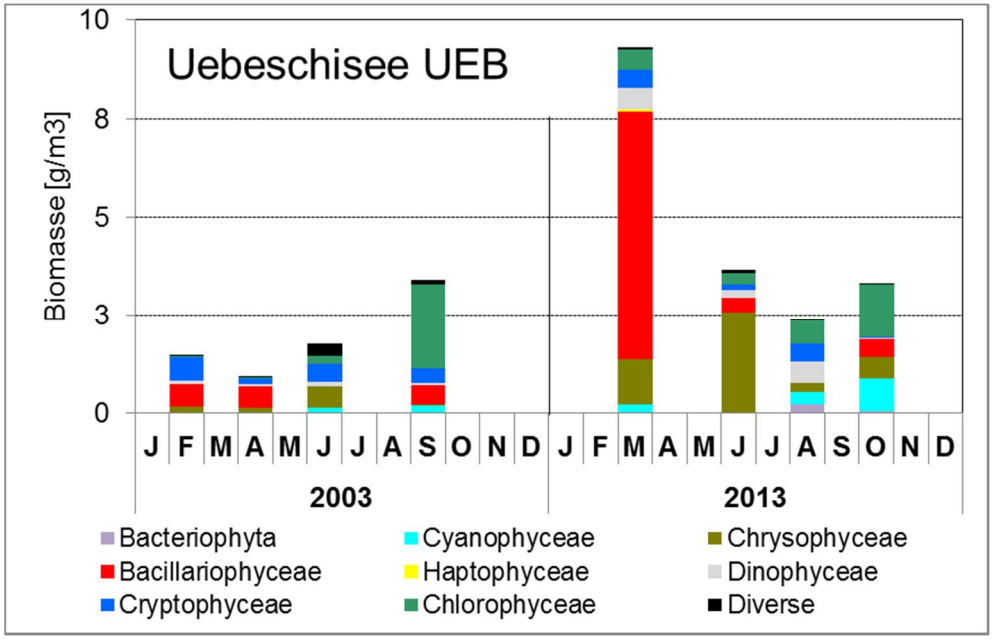


Abb. 29: Biomasse der Algengruppen.

2003 waren sowohl die Zahlen der insgesamt gefundenen Taxa (96 und 116) wie auch diejenigen pro Probenahme etwas geringer als 2013 (33-42 und 39-66). In beiden Untersuchungsjahren gehörten mehr als 30% der Taxa zur Gruppe der Grünalgen (*Chlorophyceae*). Wie im benachbarten Amsoldingersee wiesen die Goldalgen (*Chrysophyceae*) in beiden Jahren ebenfalls noch eine beachtliche Zahl an Taxa auf, gefolgt von Blau- und Kieselalgen (*Cyanophyceae* und *Bacillariophyceae*).
In beiden Probejahren erreichten die Grünalgen im Herbst ihre höchste Biomasse. Diese bestand hauptsächlich aus kugeligen Grünalgen in einer Gallerte. Im Frühjahr 2013 bildete eine Kieselalge *Fragilaria tenera* fast die ganze Biomasse, während in der Juniprobe 2013 vor allem die Goldalge *Dinobryon sociale* zu finden war. Im Herbst 2013 erreichten die Blaualgen einen grösseren Anteil an der Gesamtbiomasse. Dafür waren nicht nur ein Taxa sondern mehrere verantwortlich.
Die Biomassen der einzelnen Probenahmen im Uebeschisee lagen 2013 höher als 2003. In beiden Jahren, aber im 2013 deutlicher, wurden Massenvorkommen einzelner Algen ("Algenblüten") beobachtet. Das mehrfache Auftreten von Massenvorkommen einzelner Algenarten im Jahresverlauf ist für Gewässer mit viel verfügbaren Nährstoffen typisch.

See	Jahr	Mittel [g/m³]	Maximum [g/m³]	natürlicher Trophiegrad (LAWA 1998)	Trophie nach BRETTUM (Spitzenwert)	Trophie nach BRETTUM (Mittelwert der Vegetationsperiode)	Trophie nach HEINONEN (Mittelwert der Vegetationsperiode)
UEB	2003	1.692	3.318	mesotroph			
	2013	4.412	8.697				

Tabelle 8: Berechneter natürlicher Trophiegrad und Bestimmung des heutigen Trophiegrades anhand des Mittel und Maximum der Gesamtbiomasse der Algen [g/m³] mit verschiedenen Methoden.

Der aufgrund der Morphometrie des Sees errechnete natürliche trophische Zustand ist ein mässig mit Nährstoffen belasteter See (mesotroph). Zwei von drei Methoden zur Beurteilung der Trophie anhand der Algenbiomasse stufen den Uebeschisee 2003 als stark gedüngt (eutroph), eine als mässig gedüngt (mesotroph) ein. 2013 wird der See als stark gedüngt bis überdüngt (eutroph - polytroph) eingestuft.
Die Situation im Uebeschisee blieb in den letzten 10 Jahren schlecht bzw. ist schlechter geworden.

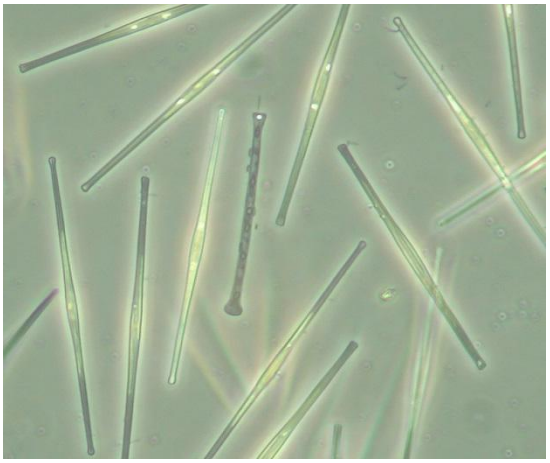


Abb. 30: Die stabförmige Kieselalge *Fragilaria* bildet 2013 hauptsächlich das Frühjahrsplankton. (Vergrösserung 1:200)

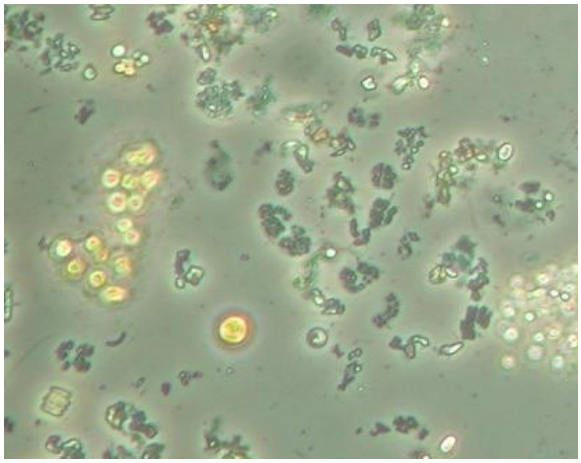


Abb. 31: Im Herbstplankton 2013 bildeten Bakterien zahlenmässig den Hauptbestandteil des Planktons. Da ihre Zellen sehr klein sind, tragen sie kaum zur Biomasse bei. Sie bauen abgestorbenes organisches Material (tote Algen oder eingetragen Laubblätter) ab. Zum Teil stammen die Bakterien aus tieferen Wasserschichten, die im Uebeschisee im Herbst kein Sauerstoff mehr enthalten. (Vergrösserung 1:100)

Zooplankton (Crustaceen)

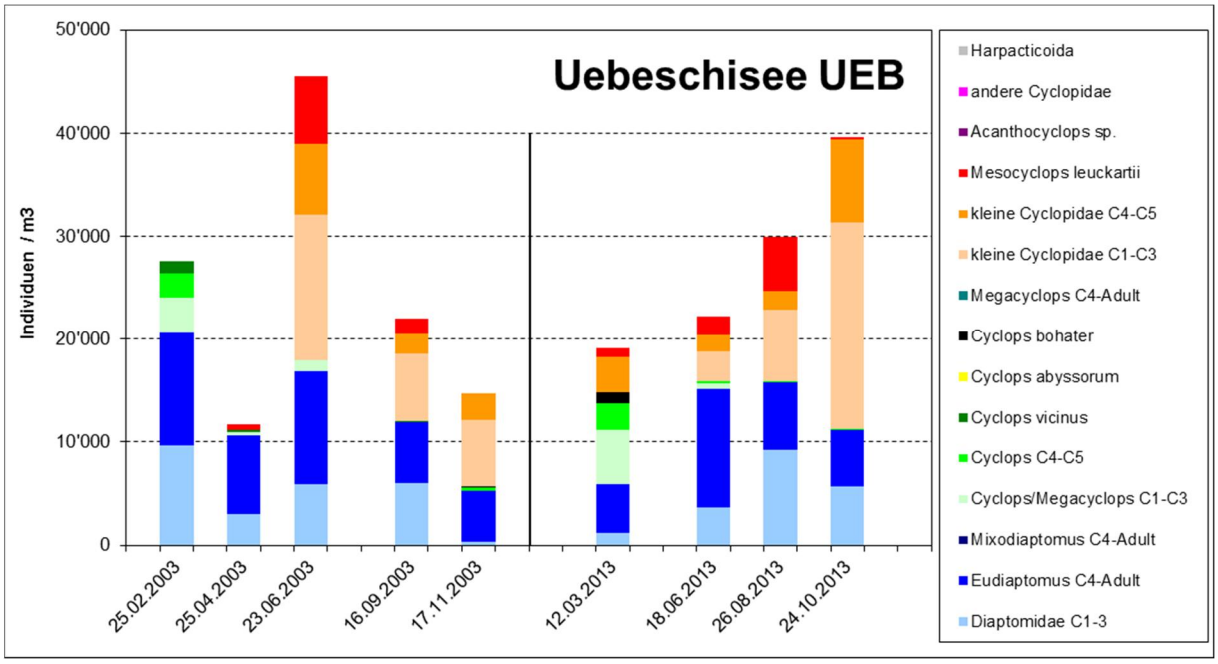


Abb. 32: Individuendichte der Ruderfusskrebse (*Copepoda*) im Uebeschisee 2003 und 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

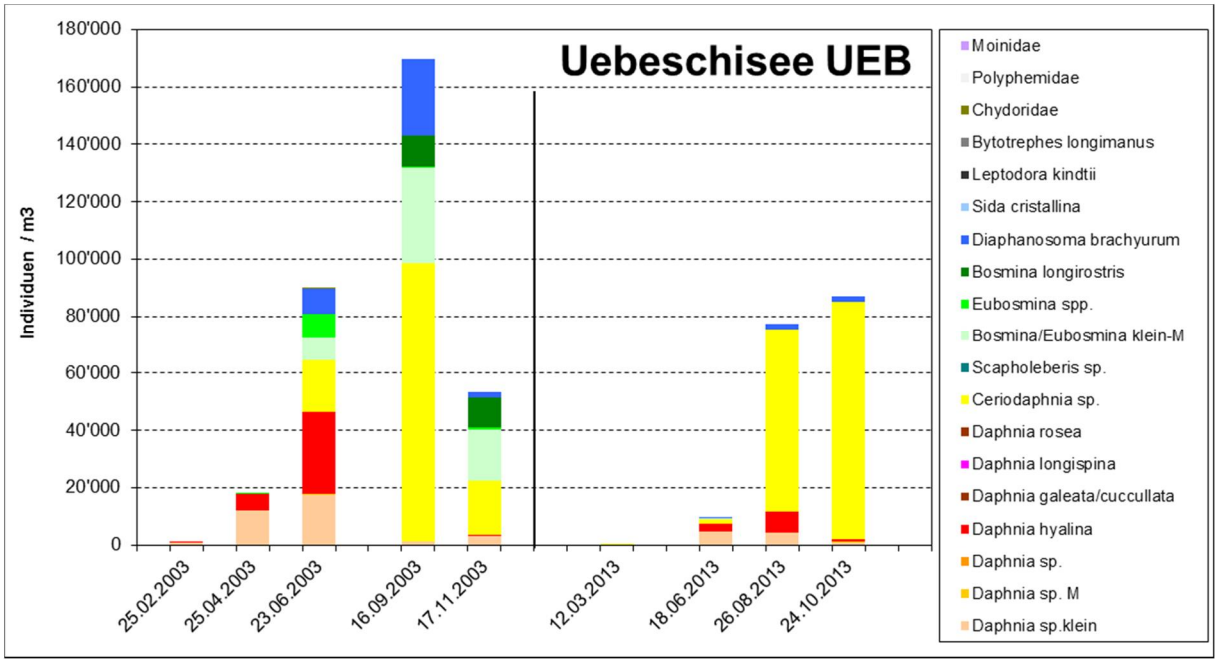
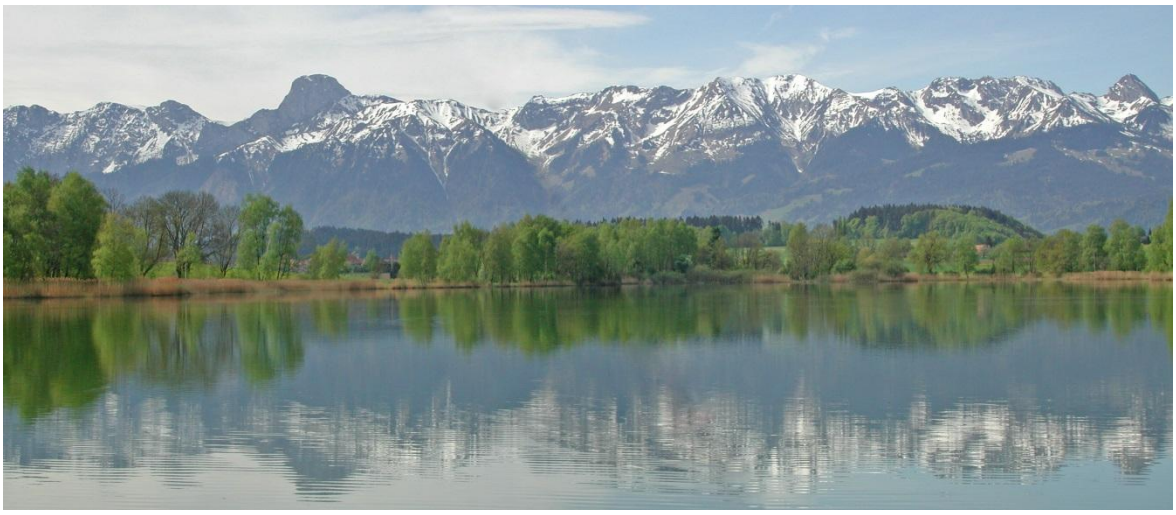


Abb. 33: Individuendichte der Blattfusskrebse (*Cladocera*) im Uebeschisee 2003 und 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

Die Biomasse des Crustaceenplanktons im Uebeschisee liegt mit 11.9 g/m^3 (2003) und 7.2 g/m^3 (2013) in beiden Untersuchungsjahren etwas höher als im benachbarten Amsoldingersee, 2013 aber etwas tiefer als 2003. Die höchsten Biomassen und Abundanzen werden 2013 im Herbst erreicht. Dies hauptsächlich durch das Auftreten der kleinen Wasserfloh-Art *Ceriodaphnia sp*. mit hohen Abundanzen (bis 83'000 Individuen/m^3).

Die Abfolge der Crustaceenarten ist typisch für die kleinen meso- bis eutrophen Seen. Im frühen Frühling (Februar/März) sind fast nur *Copepoda* vorhanden. Einerseits Schwebekrebschen (*Eudiaptomus gracilis*) und andererseits Hüpferlinge. Diese setzten sich 2013 aus juvenilen *Cyclops*-Arten, einigen ausgewachsenen *Cyclops bohater* sowie den kleinen *Mesocyclops leuckartii* zusammen. *Mesocyclops* trat 2003 erst ab April auf. Auch im Juni dominierten noch die Copepoda. Die 2003 noch häufigen *Daphnia sp*. traten in deutlich geringeren Abundanzen (um 10'000 Individuen/m^3) auf. In den beiden Herbstuntersuchungen dominierte dann ganz klar die kleine Wasserflohart *Ceriodaphnia sp*., während die beiden 2003 noch wichtigen Gattungen/Arten *Bosmina longirostris* und *Diaphanosoma brachyurum* nur noch in geringen Abundanzen auftraten.
Diese Reduktion der Vielfalt des Crustaceenplanktons könnte ein Hinweis auf ein zusätzliche Eutrophierung des Uebeschisees im Vergleich zu 2003 sein.

Gerzensee



Markus Zeh

Landeskarte 1:25'000	1187
Koordinaten Maximaltiefe GER1	608'289 / 186'620
Höhe Seeoberfläche	603 m.ü.M.
Seefläche	25.16 ha
Maximaltiefe	10.7 m
Seevolumen	1'443'054 m^3
Fläche topografisches Einzugsgebiet	273.07 ha
maximale Höhe top. Einzugsgebiet	839 m.ü.M.
mittlere Höhe top. Einzugsgebiet	652 m.ü.M.

Flächenanteile Einzugsgebiet	
See	9 %
Wald	5 %
Siedlung	8 %
Landwirtschaft	67 %
unproduktive Fläche	11 %

Inhaltsverzeichnis:

1. Zusammenfassung, Handlungsbedarf
2. Seephysikalische Tiefenprofile
3. Nährstoff-Daten 1993, 2003 und 2013
4. Pestizide und deren Abbauprodukte
5. Phytoplankton
6. Zooplankton

Zusammenfassung

Kriterium	Zustand / Beurteilung
natürlicher Trophiegrad	mesotroph
aktueller Trophiegrad	eutroph (produktiv) bis polytroph (überdüngt)
Sauerstoff	Anforderung GSchV nicht erfüllt
Phytoplankton	eutroph bis polytroph
ökotox. Bewertung Pestizide und Transformationsprodukte	gut
Veränderung gegenüber 1993 und 2003	2013 geringere Phosphorkonzentrationen, sonst keine Verbesserung ersichtlich
Abwasserzufluss	gering

Die im See gemessenen Konzentrationen von Phosphor und pflanzenverfügbarem Ortho-Phosphat zeigen in der neusten Messkampagne bei allen Probenahmen geringere Werte als in früheren Jahren. Eine vergleichbare Tendenz bei den Stickstoffverbindungen ist nicht erkennbar. Da es sich auch bei vier Probenahmen um Stichproben handelt, ist der festgestellte Rückgang beim Phosphor noch keine grundsätzlich Trendumkehr. Die zukünftigen Messkampagnen werden zeigen, ob sich der Gerzensee in Richtung seines natürlichen Trohpiegrades zurück bewegt.

Das mehrfache Massenvorkommen einzelner Algenarten innerhalb eines Jahres ist für Seen mit hohem Nährstoffgehalt typisch. Beim Phytoplankton ist keine Verbesserung während der letzten 20 Jahre feststellbar.

Als Folge der unverändert hohen Planktonproduktion sind auch die Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser während der Sommermonate nach wie vor schlecht. Unterhalb von 6.5 m ist der Gerzensee während längerer Zeit vollständig anaerob. Dort ist ein Leben für Wasser-organismen, und damit auch für Fische, währender längerer Zeit jedes Jahr nicht mehr möglich. Die Besiedlung des Seegrundes mit Wirbellosen konnte folglich auch nur noch in der seichteren Uferzone festgestellt werden.

Die Belastung aus der Landwirtschaft mit Pflanzenschutzmitteln und deren Transformations-produkten ist beim Gerzensee gering. Im Hinblick auf die ökotoxikologische Bewertung weist der See eine gute Wasserqualität auf.

Das Vorhandensein von Koffein im Seewasser weist auf einen Eintrag von häuslichem Abwasser hin. Die Regenentlastung, welche in den Schlossguetbach mündet, dürfte dafür verantwortlich sein. Die Belastung des Sees durch Abwasser ist auf Grund der vorliegenden Daten allerdings gering.

Handlungsbedarf

Auf welche Massnahme(n) der 2013 festgestellte Phosphor-Rückgang im See zurückzuführen ist, ist unklar. Eine Verbesserung des Seezustandes ist allerdings nur möglich, wenn der Nährstoffeintrag aus dem landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet weiter reduziert wird. Dem Erfolg dieser Massnahme sind allerdings Grenzen gesetzt, da die Rücklösung von Phosphor während der sauerstofflosen Sommermonate zu einer seeinternen Düngung führt. Eine Offenlegung von heute direkt in den See mündenden Drainageleitungen kann Nährstoffe in der Ufervegetation zurückhalten. Allerdings verändert sich mit dieser Massnahme lokal die Zusammensetzung der Vegetation, was aus Sicht des terrestrischen Naturschutzes unerwünscht ist. Welche Massnahmen auch getroffen werden, kurzfristige Erfolge sind nicht zu erwarten.

Seephysikalische Tiefenprofile

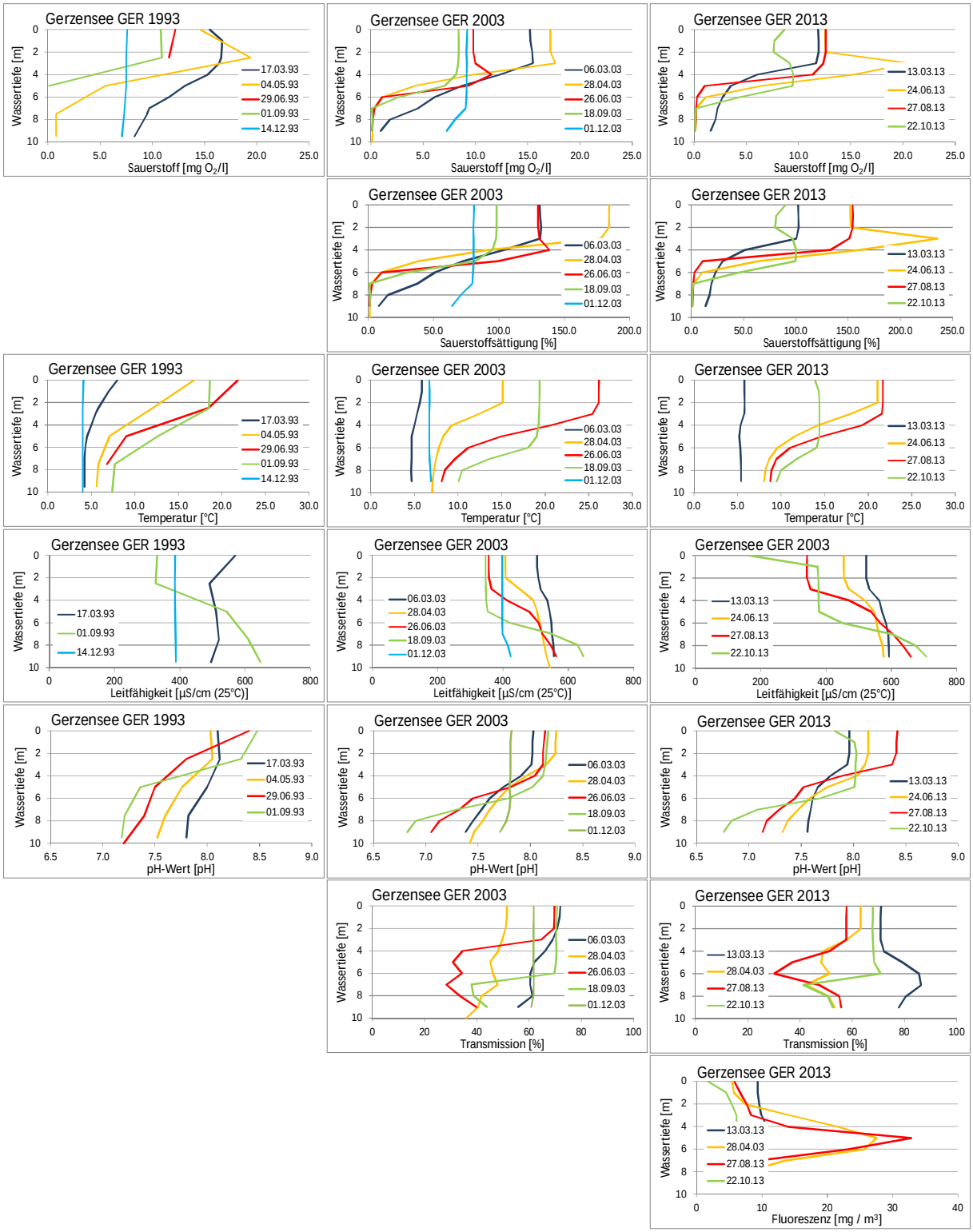


Abb. 34: Tiefenprofile, erhoben während der 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013.

Nährstoffe

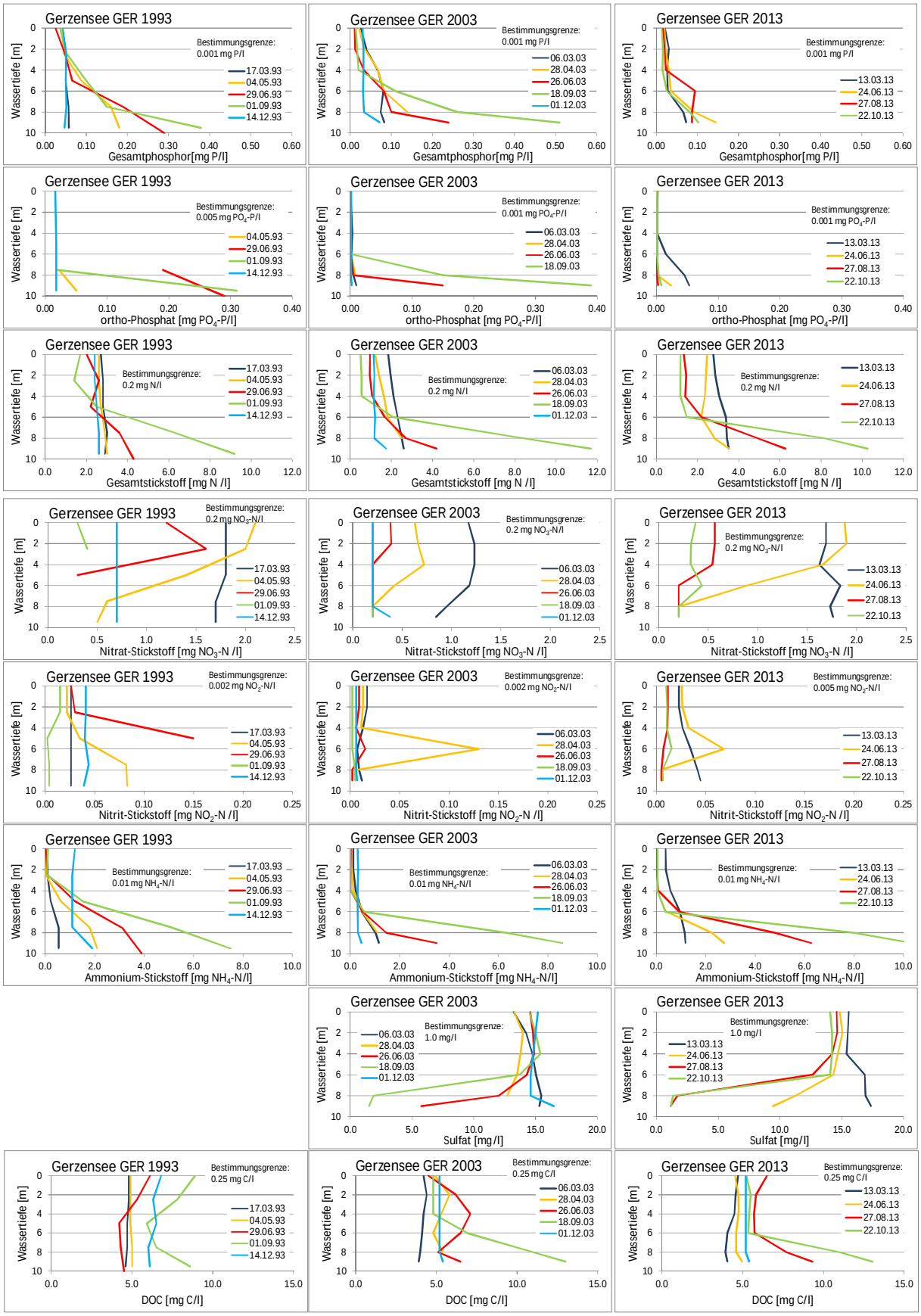


Abb. 35: Nährstoffdaten, erhoben während der 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013. Beim Phosphor, nicht aber beim Stickstoff, ist im Jahr 2013 ein Rückgang festzustellen.

Pestizide und Transformationsprodukte

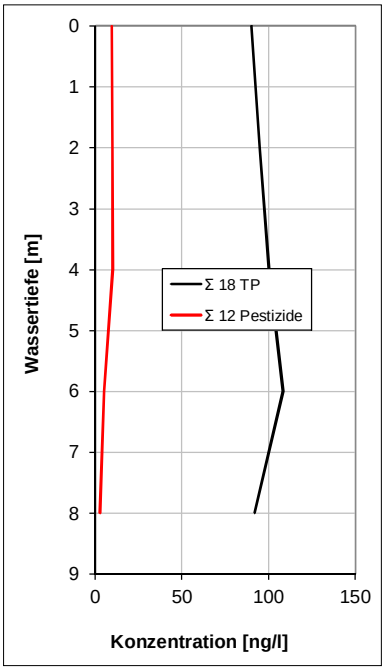


Abb. 36: Vorkommen von 12 Pestizidwirkstoffen (Summe davon als rote Linie) und die Summe der 18 dazugehörigen Transformationsprodukte TP (schwarze Linie). Bei den Pestiziden und TP ist die Summenkonzentration der jeweiligen Tiefenstufe über alle gemessenen Tiefenprofile gemittelt. Auf Grund der ökotoxikologischen Beurteilung weist der Gerzensee eine gute Wasserqualität auf.

Markersubstanzen für häusliches Abwasser

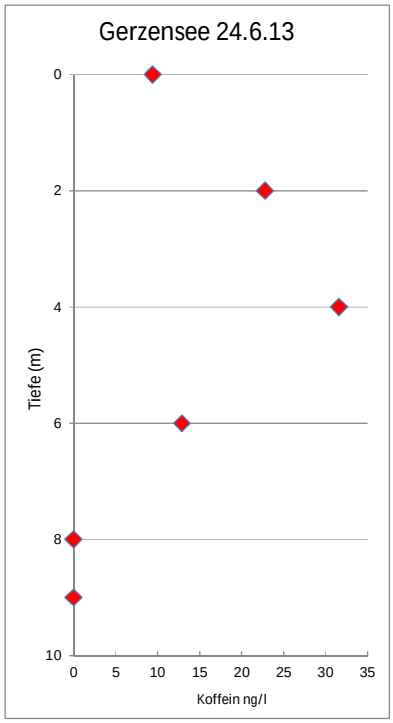


Abb. 37: Die Markersubstanz Koffein zeigt einen Zufluss von häuslichem Abwasser in den See. Vereinzelt wurden sehr geringe Konzentrationen von Benzotriazol (einem stark verbreiteten Korrosionsschutzmittel in Geschirrwaschmittel) gemessen. Ökotoxikologisch sind die gefundenen Werte unproblematisch.

Phytoplankton

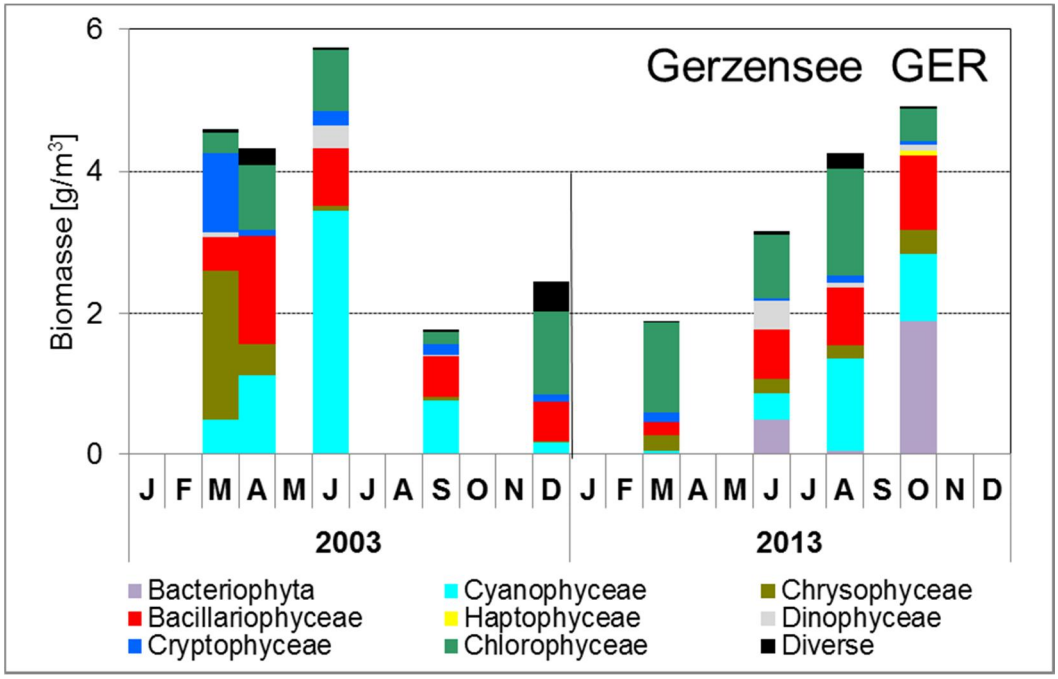


Abb. 38: Biomasse der einzelnen Algengruppen [g/m^3]

Die Grünalgen (*Chlorophyceae*) erreichten 2003 und 2013 mit 38 und 37 Taxa die höchsten Anteile an der Gesamttaxazahl (39 und 33 %). 2013 wurden insgesamt 111 Taxa gefunden. Auch bei Gold-, Blau- und Kieselalgen (*Chrysophyceae, Cyanophyceae* und *Bacillariophyceae)* wurden in jedem Untersuchungsjahr 10 und mehr Taxa beobachtet.

Der Gerzensee ist der einzige der untersuchten Kleinseen, in dem die Grünalgen auch einen wichtigen Beitrag zur Biomasse leisten. Dies war sowohl 2003 wie 2013 und ebenso in einem früheren Untersuchungsjahr (1995) der Fall. Andere Algengruppen wie Blau- Gold- und Kieselalgen (*Cyanophyceae, Chrysophyceae* und *Bacillariophyceae*) sind ebenfalls relevant für die Biomasse. 2003 wurde im Frühling ein Massenvorkommen von Schlundalgen (*Cryptophyceae*) und Goldalgen (*Chrysophyceae*) festgestellt. Je eine einzige Algenart zeichnete dafür verantwortlich: die Schlundalge *Cryptomonas erosa* und die Goldalge *Mallomonas*. Im Juni 2003 war jedoch die Blaualge *Merismopedia* für die Biomasse bestimmend. Im Herbst 2013 trugen hingegen deutlich Bakterien der Gattung *Chlorobium* zur Biomasse bei. Diese Bakterien benötigen Schwefelwasserstoff und Licht, das heisst sie treten im sauerstofflosen Tiefenwasser (7 m) auf, das noch gerade genügend Licht erhält, dass diese Bakterien Photosynthese betreiben können.

Mehrfache Massenvorkommen einzelner Algentaxa innerhalb eines Jahres sind für Seen mit hohem Nährstoffgehalt typisch. Der Schwankungsbereich der Biomasse liegt in den Jahren 2003 und 2013 ähnlich hoch.

See	Jahr	Mittel [g/m^3]	Maximum [g/m^3]	natürlicher Trophiegrad (LAWA 1998)	Trophie nach BRETTUM (Spitzenwert)	Trophie nach BRETTUM (Mittelwert der Vegetationsperiode)	Trophie nach HEINONEN (Mittelwert der Vegetationsperiode)
	1995	8.784	15.175				
GER	2003	3.773	5.741	mesotroph			
	2013	2.761	4.074				

Tabelle 9: berechneter natürlichen Trophiegrad und Bestimmung des heutigen Trophiegrades anhand des Mittel und Maximum der Gesamtbiomasse der Algen [g/m^3] mit verschiedenen Methoden.

Der aufgrund der Morphometrie des Sees errechnete natürliche Produktionszustand (Trophie) ist ein mässig mit Nährstoffen belasteter See (mesotroph). Drei Methoden zur Beurteilung der Trophie anhand der Algenbiomasse stufen den Gerzensee 2003 und 2013 jedoch als stark gedüngt bis überdüngt (eutroph - polytroph) ein. Eine Verbesserung der Situation in den letzten 20 Jahren ist nicht feststellbar.

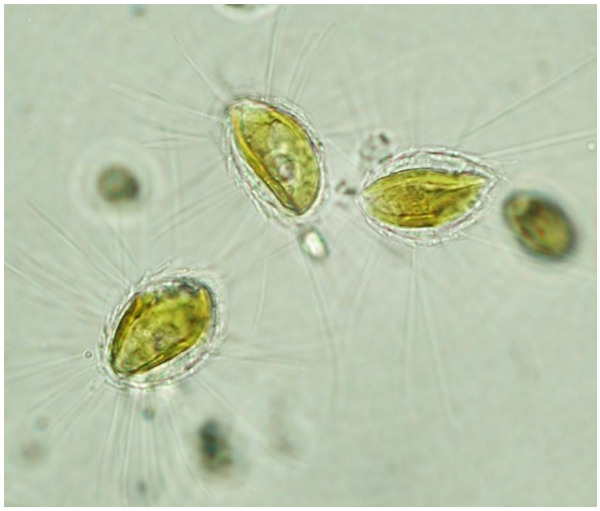


Abb. 39: Die Goldalge der Gattung *Mallomonas* bildet im Frühjahr gerne bei noch kühlen Temperaturen "Algenblüten". (Vergrösserung 1:400). Photo Daphne Zbären

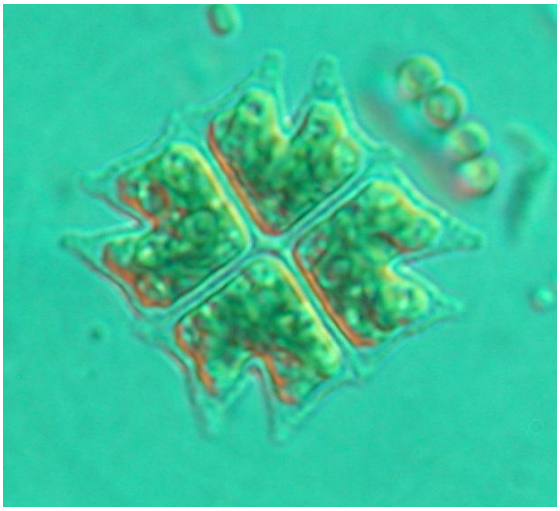


Abb. 40: Eine der vielen Grünalgentaxa ist die Kolonie *Pediastrum tetras*. (Vergrösserung 1:400)

Zooplankton (Crustaceen)

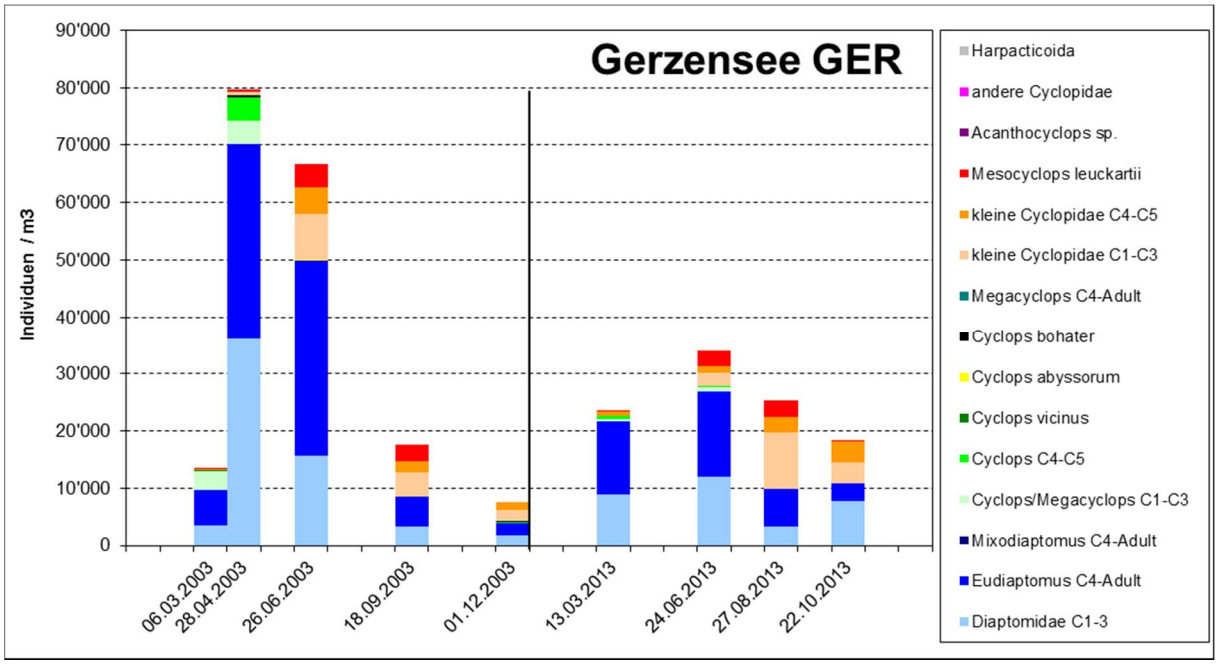


Abb. 41: Individuendichte der Ruderfusskrebse (*Copepoda*) im Gerzensee 2003 und 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

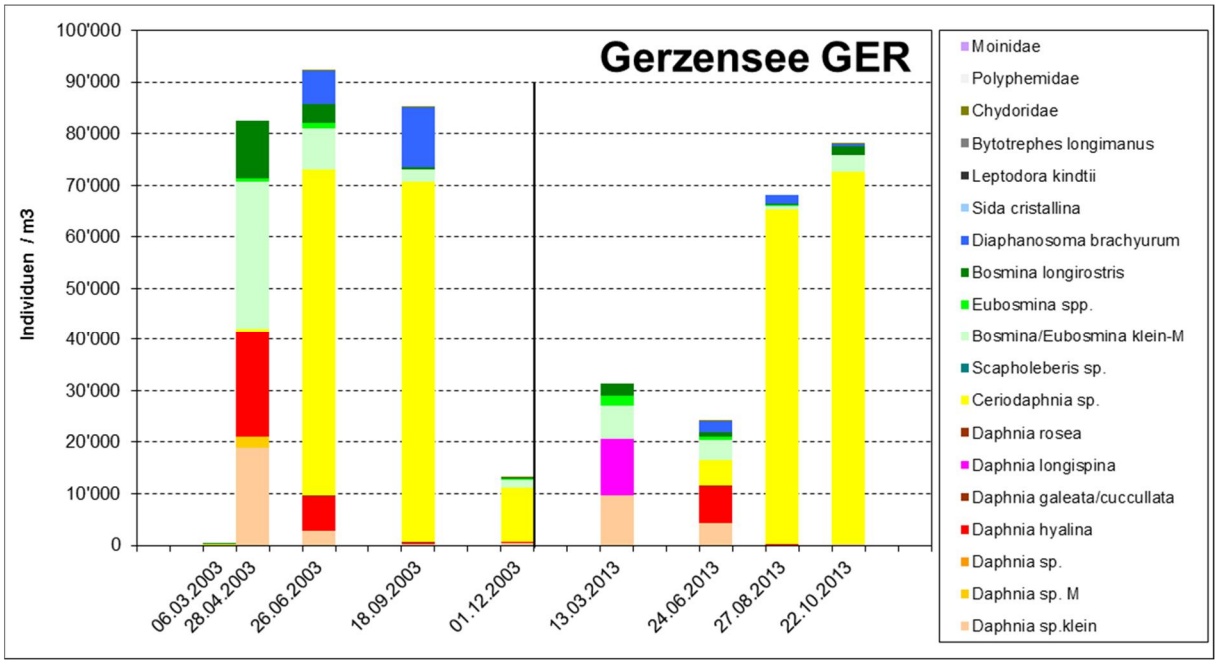


Abb. 42: Individuendichte der Blattfusskrebse (*Cladocera*) im Gerzensee 2003 und 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

Die maximale Biomasse des Crustaceenplanktons im Gerzensee lag mit 10.7 g/m^3 (2003) und 5 g/m^3 in einem ähnlichen Bereich wie in Amsoldinger-, Uebeschi- und Moossee. Insbesondere im Frühling und Sommer zeigte sich 2013 ein deutlicher Rückgang gegenüber 2003, der vor allem auf geringere Abundanzen bei den Schwebekrebschen (*Eudiaptomus gracilis*), Wasserflöhen (*Daphnia sp.*) und Rüsselkrebschen (*Bosminidae*) sowie ein späteres Auftreten des kleinen Wasserflohs *Ceriodaphnia sp*. zurückzuführen war.

Die Abfolge der Crustaceenarten ist typisch für die kleinen meso- bis eutrophen Seen. Im Frühling dominierten Schwebekrebschen (*Eudiaptomus gracilis*) und grosse Wasserflöhe (*Daphnia sp*.). Zusätzlich traten zwei Arten von Rüsselkrebschen - *Eubosmina sp*. und *Bosmina longirostris* auf. Die grossen Hüpferlinge (*Cyclops sp*.) traten 2013 nur noch mit sehr geringen Abundanzen auf. Im Juni begann dann die Entwicklung der Herbstfauna mit kleinen Hüpferlingen (*Mesocyclops leuckartii*) und dem kleinen Wasserfloh (*Ceriodaphnia sp*. mit ca. 70'000 Individuen/m^3).
Die deutliche Reduktion insbesondere der Blattfusskrebse (*Daphnia sp*., *Bosminidae*) gegenüber 2003 ist möglicherweise auf die ungünstigen Witterungsverhältnisse (kalt, nass) und die damit geringere Nahrungsverfügbarkeit (Phytoplankton) bis in den Juni hinein zurück zu führen. Eine Änderung der Belastungssituation kann aufgrund der Crustaceenentwicklung nicht festgestellt werden.

Dittligsee

Noemi Zweifel

Landeskarte 1:25'000	1207
Koordinaten Maximaltiefe DIT1	607'342 / 178'386
Höhe Seeoberfläche	652 m.ü.M.
Seefläche	6.02 ha
Maximaltiefe	16.4 m
Seevolumen	412'562 m^3
Fläche topografisches Einzugsgebiet	39.37 ha
maximale Höhe top. Einzugsgebiet	686 m.ü.M.
mittlere Höhe top. Einzugsgebiet	660 m.ü.M.

Flächenanteile Einzugsgebiet	
See	17 %
Wald	3 %
Siedlung	3 %
Landwirtschaft	60 %
unproduktive Fläche	17 %

Inhaltsverzeichnis:

1. Zusammenfassung, Handlungsbedarf
2. Seephysikalische Tiefenprofile
3. Nährstoff-Daten 1993, 2003 und 2013
4. Pestizide und deren Abbauprodukte
5. Phytoplankton
6. Zooplankton

Zusammenfassung

Kriterium	Zustand / Beurteilung
natürlicher Trophiegrad	mesotroph
aktueller Trophiegrad	eutroph (produktiv) bis polytroph (überdüngt)
Sauerstoff	Anforderung GSchV nicht erfüllt
Phytoplankton	eutroph bis polytroph
ökotox. Bewertung Pestizide und Transformationsprodukte	gut
Veränderung gegenüber 2003	nicht ersichtlich
Abwasserzufluss	ja

Der Zustand des Dittligsees hat sich in den letzten 20 Jahren nicht verbessert. Nach wie vor findet ein starkes Algenwachstum, verursacht durch ein Überangebot an Nährstoffen (primär Phosphor), statt. Die Quellen für diese Nährstoffe sind einerseits diffuse Abschwemmungen aus dem Einzugsgebiet, seeinterne Rücklösungsprozesse im Sediment sowie ─ in geringem Ausmass ─ häusliche Abwässer. Die 2013 im See gemessenen Nährstoffkonzentrationen (Stichproben) sind immer noch sehr hoch. Eine Abnahme gegenüber früheren Messkampagnen ist nicht ersichtlich.

Das Vorkommen von Algenblüten ist ein deutlicher Hinweis auf den hochproduktiven Charakter des Sees. Die resultierenden Abbauprozesse führen zu einer ausgeprägten Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser. Über mehrere Monate im Sommer ist das Wasser ab rund 5 m regelmässig sauerstofflos. Ein Leben für Wasserorganismen, und damit auch Fische, ist in der tieferen Hälfte des Dittligsees währender längerer Zeit jedes Jahr nicht mehr möglich. Die Besiedlung des Seegrundes mit Wirbellosen konnte folglich auch nur noch in der seichteren Uferzone festgestellt werden.

Die Belastung mit Pflanzenschutzmitteln und deren Transformationsprodukten ist beim Dittligsee gering. Die diesbezügliche ökotoxikologische Bewertung attestiert dem See einen guten Zustand.

Handlungsbedarf

Nur eine Reduktion der Verfügbarkeit von Nährstoffen im See kann langfristig das Algenwachstum verringern und damit zu einer Verbesserung oder zumindest Stabilisierung des Seezustandes beitragen.

Der Drainagenzufluss im Süden des Sees dürfte heute die grösste Fracht an Nährstoffen aus dem mehrheitlich landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet liefern. Allerdings fehlen Zuflussdaten über einen längeren Zeitraum. Da der Spielraum für Extensivierungen und damit weniger Düngereinsatz im drainierten Einzugsgebiet klein sein dürfte, sollte die Möglichkeit der Nährstoffreduzierung durch Offenlegung der Drainage genutzt werden. Die Rücklösung von Nährstoffen aus den überdüngten Seesedimenten (interne Düngung) dürfte jedoch trotz dieser Massnahme weitergehen. Wie der See schlussendlich auf die Optimierungs- und Korrekturmassnahmen reagiert, ist unsicher. Kurzfristige Erfolge sind nicht zu erwarten.

Seephysikalische Tiefenprofile

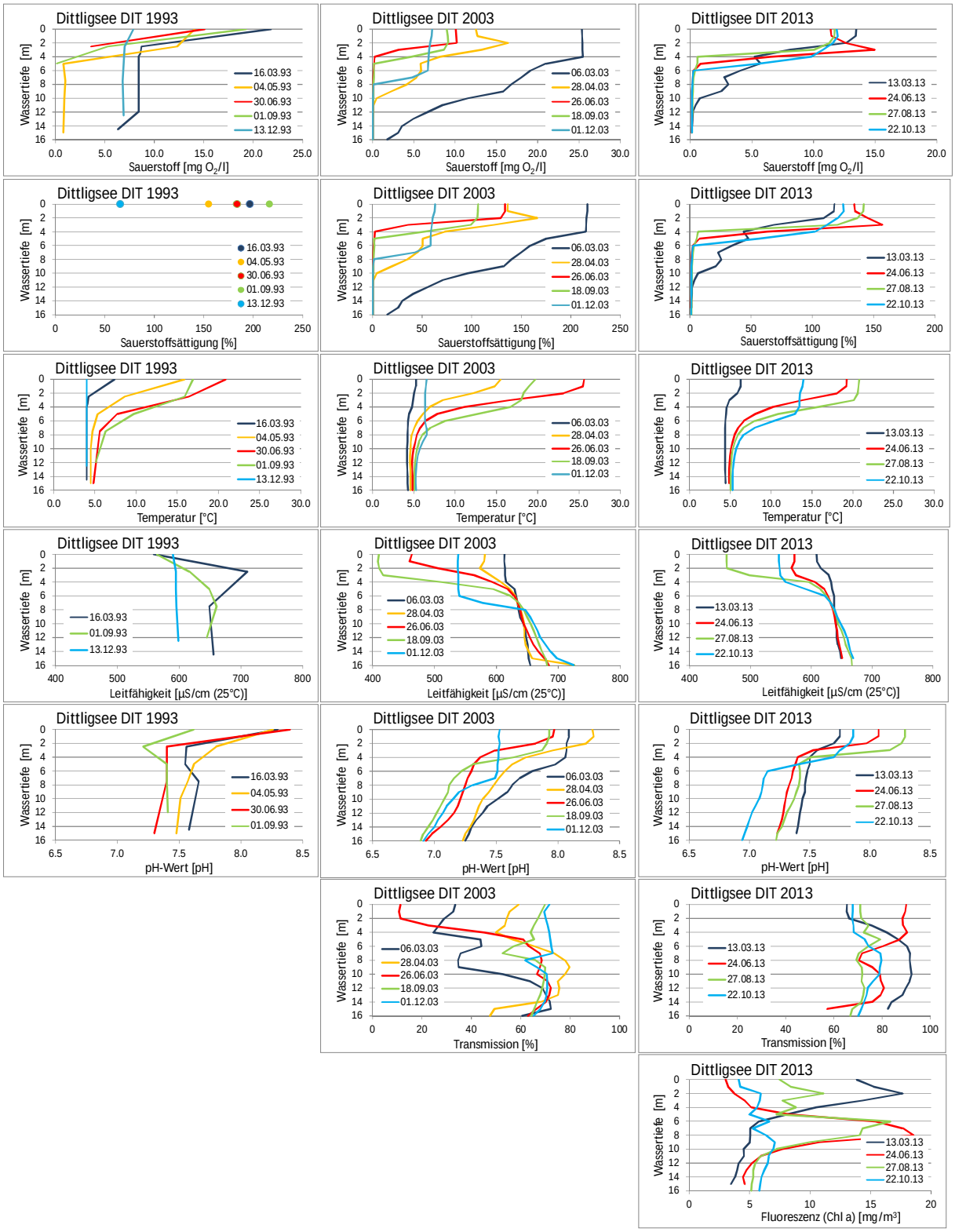


Abb. 43: Tiefenprofile, erhoben während der 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013.

Nährstoffe

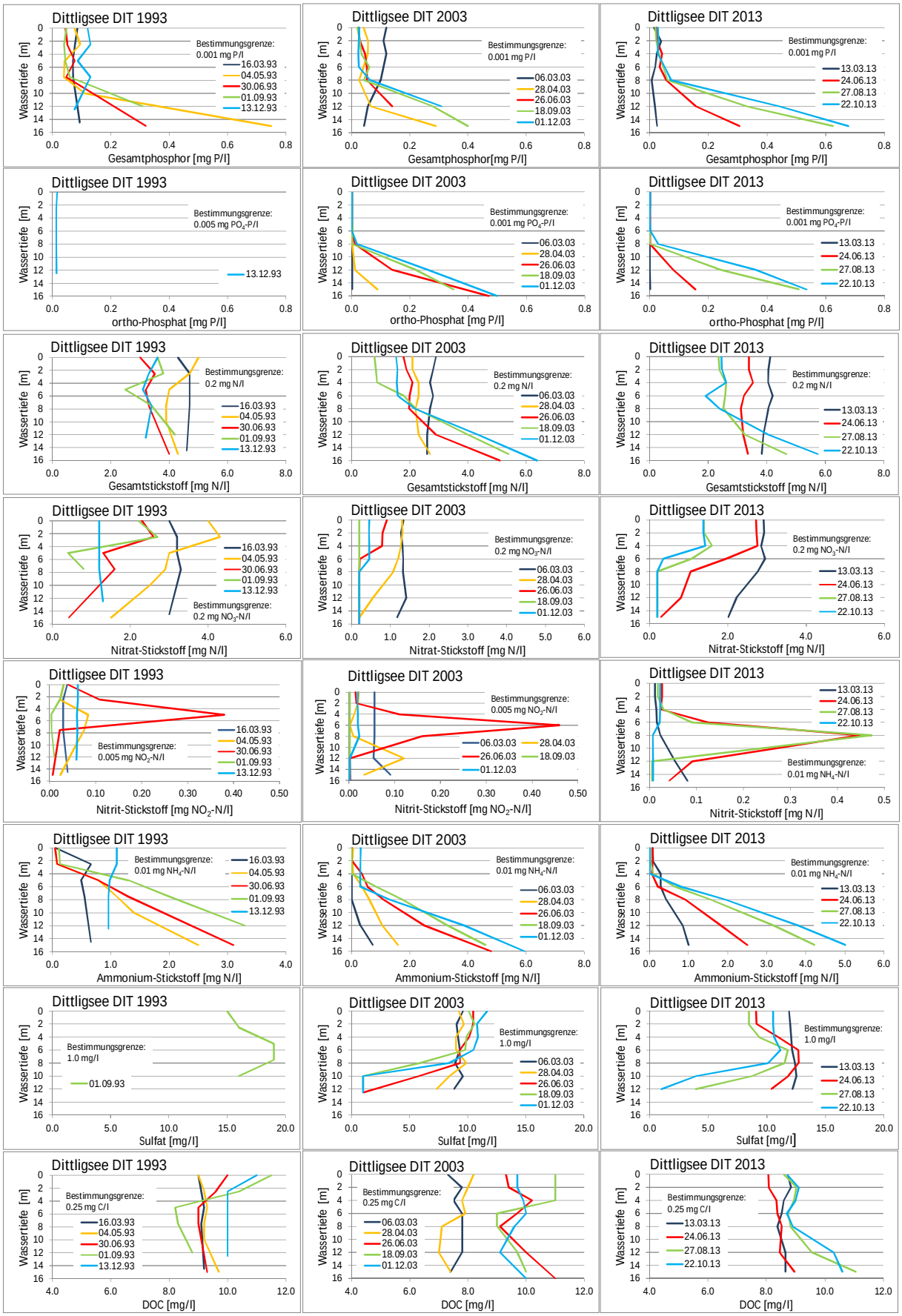


Abb. 44: Nährstoffdaten, erhoben während der 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013.

Pestizide und Transformationsprodukte

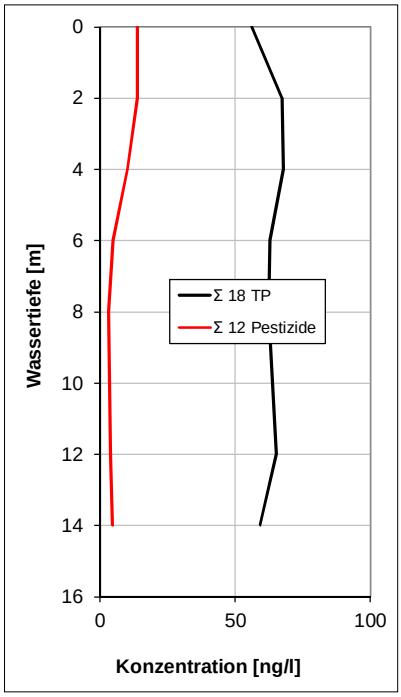


Abb. 45: Vorkommen von 12 Pestizidwirkstoffen (Summe davon als rote Linie) und die Summe der 18 dazugehörigen Transformations-produkte TP (schwarze Linie). Bei den Pestiziden und TP ist die Summenkonzentration der jeweiligen Tiefenstufe über alle gemessenen Tiefenprofile gemittelt. Bei einer ökotoxikologischen Beurteilung dieser Werte weist der Dittligsee eine gute Wasserqualität auf.

Markersubstanzen für häusliches Abwasser

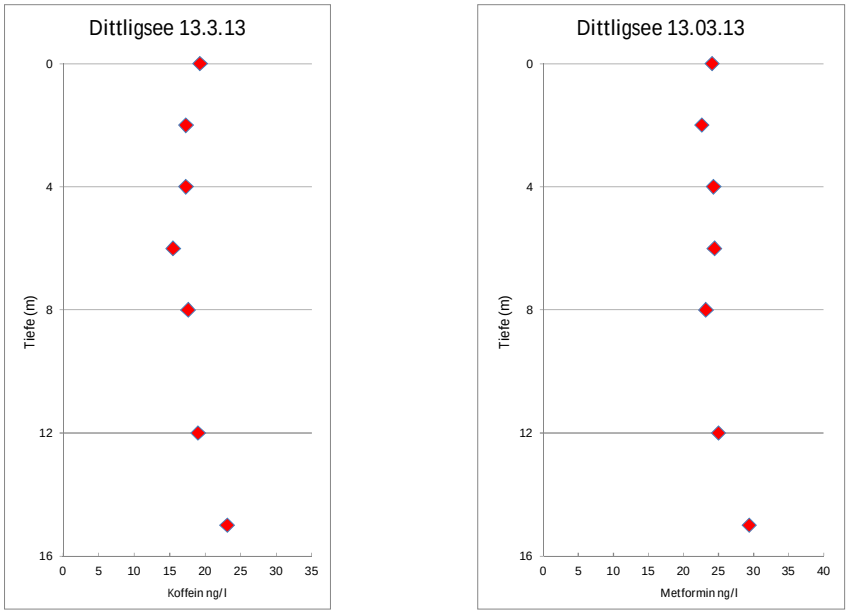


Abb. 46: Neben den Markersubstanzen Koffein und Metformin wurden auch sehr geringe Konzentrationen von Benzotriazol (einem stark verbreiteten Korrosionsschutzmittel in Geschirrspülmitteln) gemessen. Dies belegt den Zufluss von häuslichem Abwasser.

Phytoplankton

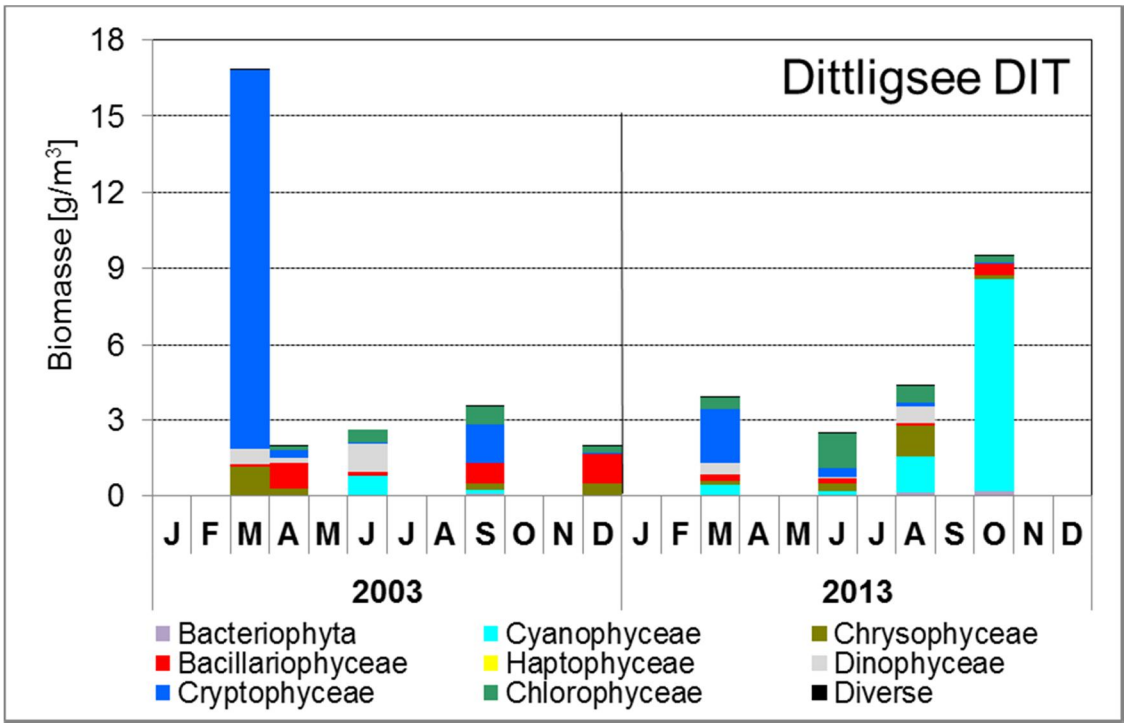


Abb. 47: Biomasse der Algengruppen

Sowohl 2003 wie 2013 trugen die Grünalgen (*Chlorophyceae*) mit 34 bzw. 32 Taxa am meisten zur Taxazahl bei, dies entspricht einem Anteil von 38 bzw 32%. Auch bei Gold-, Kiesel- und Blaualgen (*Chrysophyceae, Bacillariophyceae* und *Cyanophyceae)* wurden in beiden Jahren mehr als 10 verschiedene Taxa beobachtet.

Trotz der Dominanz der Grünalgen bezüglich der Taxazahl wird die Biomasse überwiegend von anderen Algengruppen gebildet: 2003 wurde im Frühling ein Massenvorkommen von Schlundalgen (*Cryptophyceae*) festgestellt. Eine einzige Algenart *Cryptomonas erosa* zeichnete dafür verantwortlich. Auch im Herbst 2013 bildete eine einzige Algenart (die fädige Blaualge *Planktothrix rubescens*) den Hauptteil der Biomasse (86 %).
Die erwähnte Blaualge ist eine Art die unter bestimmten Bedingungen Toxine bilden kann, die auch für den Menschen schädlich sein können. Die Art muss allerdings mit einer mindestens 10x grösseren Biomasse als im Herbst 2013 auftreten, um eine mögliche Gefährdung für Badende zu werden. Das regelmässige Auftreten solcher Massenvorkommen gilt als typisch für Seen mit hohem Nährstoffgehalt.

See	Jahr	Mittel [g/m³]	Maximum [g/m³]	natürlicher Trophiegrad (LAWA 1998)	Trophie nach BRETTUM (Spitzenwert)	Trophie nach BRETTUM (Mittelwert der Vegetationsperiode)	Trophie nach HEINONEN (Mittelwert der Vegetationsperiode)
DIT	2003	5.394	16.884	mesotroph			
	2013	4.535	9.193				

Tabelle 11: Berechneter natürlichen Trophiegrad und Bestimmung des heutigen Trophiegrades anhand des Mittel und Maximum der Gesamtbiomasse der Algen [g/m³] mit verschiedenen Methoden.

Der aufgrund der Morphometrie des Sees errechnete natürliche trophische Zustand ist ein mässig mit Nährstoffen belasteter See (mesotroph). Drei Methoden zur Beurteilung der Trophie anhand der Algenbiomasse stufen den Dittligsee 2003 und 2013 jedoch als stark gedüngt bis überdüngt (eutroph - polytroph) ein.
Eine Verbesserung der Situation in den letzten 10 Jahren ist nicht feststellbar.

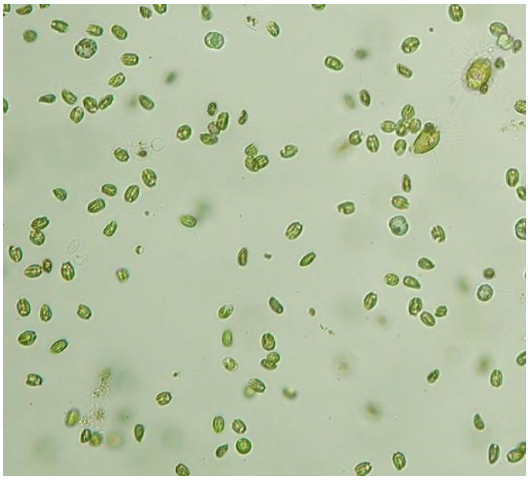


Abb. 48: Eine "Algenblüte" der Schlundalge *Cryptomonas erosa* im Frühjahr 2003. Foto: Daphne Zbären. (Vergrösserung 1:200)

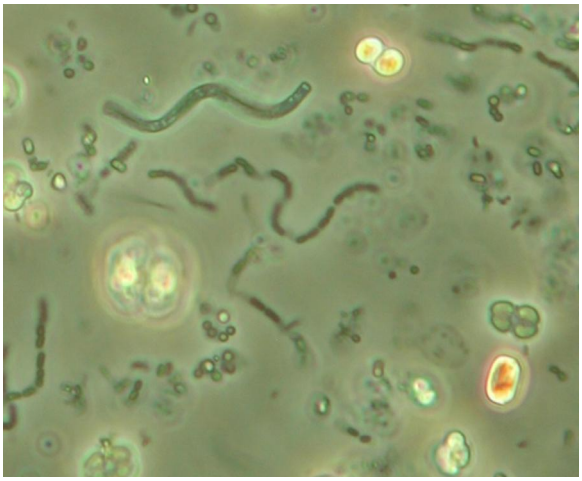


Abb. 49: Im sauerstofffreien Tiefenwasser und in der sauerstoffarmen Schicht darüber finden sich im Herbst sehr viele Bakterien, die jedoch wegen ihrer geringen Grösse kaum zur Biomasse beitragen. Sie sind zuständig für den Abbau von abgestorbenem, organischem Material wie Blätter, toten Kleinkrebsen und Algen. (Vergrösserung 1:1000)

Zooplankton (Crustaceen)

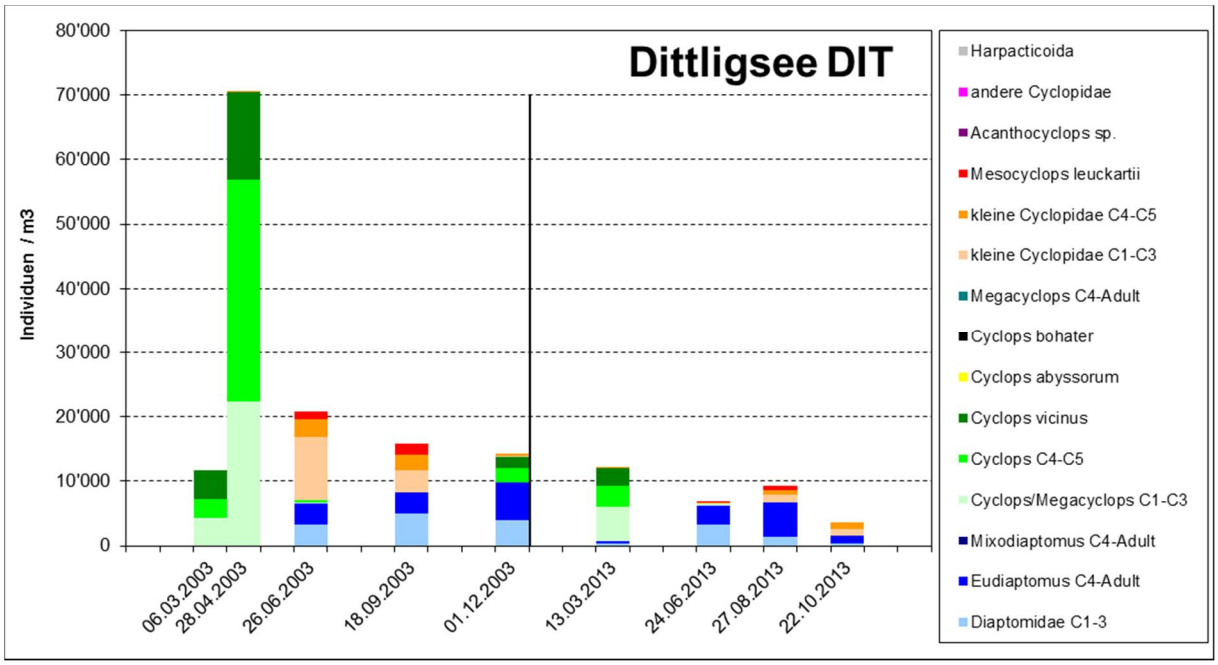


Abb. 50: Individuendichte der Ruderfusskrebse (*Copepoda*) im Dittligsee 2003 und 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

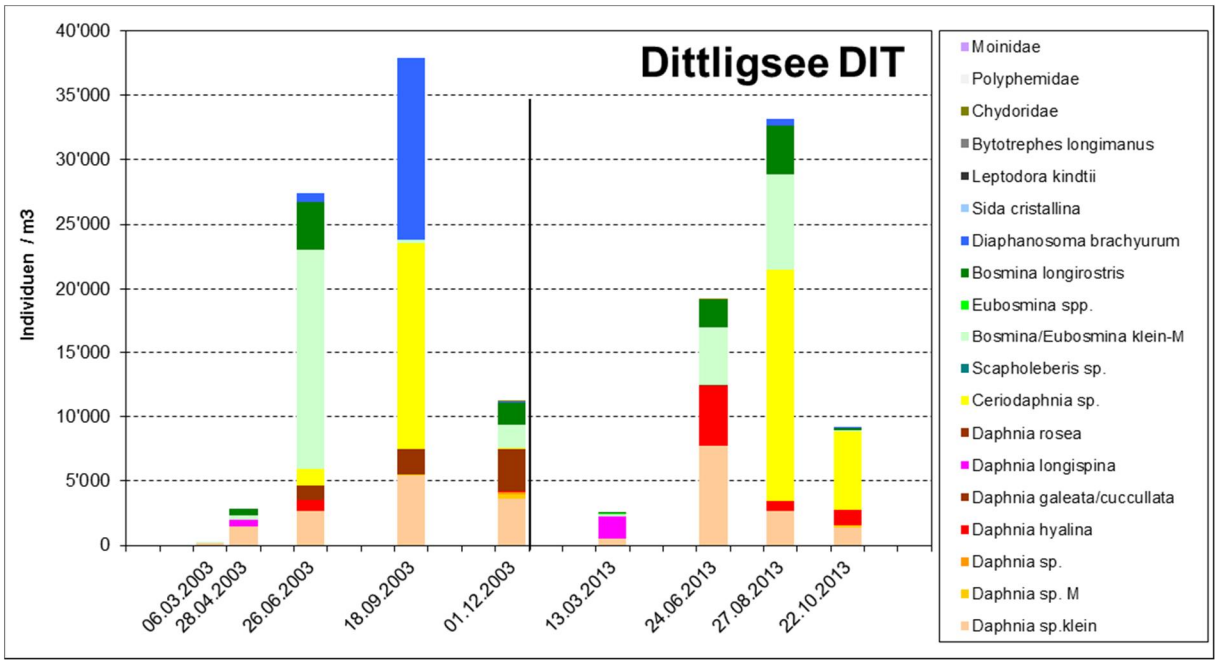


Abb. 51: Individuendichte der Blattfusskrebse (*Cladocera*) im Dittligsee 2003 und 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

Die Biomasse des Crustaceenplanktons erreichte mit 5.5 g/m^3 (2003) und 2.2 g/m^3 (2013) doch deutlich geringere Werte als die vergleichbaren Seen. Der höhere Wert von 2003 wurde durch die hohe Abundanz des Hüpferlings *Cyclops vicinus* im April verursacht. Dieses Entwicklungsmaximum konnte 2013 nicht beobachtet werden.
Die Abfolge der Crustaceenarten ist typisch für kleine meso- und eutrophe Seen. Im Frühjahr dominierte der Hüpferling *Cyclops vicinus*, im Frühsommer der Schwebekrebs *Eudiaptomus gracilis* und die grossen Wasserflöhe (*Daphnia sp.*). Im Sommer traten zusätzlich Rüsselkrebschen (*Bosmina longirostris*) und kleine Hüpferlinge (*Mesocyclops leuckartii*) auf. Im Herbst dominierte neben den Rüsselkrebschen der kleine Wasserfloh *Ceriodaphnia sp*. Im Unterschied zu 2003 erreichte im Sommer/Herbst 2013 die Wasserflohart *Diaphanosoma brachyurum* nur eine geringe Abundanz. Allerdings lagen die Probenahmedaten in anderen Monaten, so dass ein allfälliges Entwicklungsmaximum im September auch unbeobachtet bleiben konnte. *Daphnia sp*. zeigte 2003 noch Formen mit Cyclomorphose (Hutbildung), 2013 fehlten diese. Die kleinen Hüpferlinge (*Mesocyclops leuckartii*) erreichten 2013 wesentlich geringere Abundanz als 2003.

Lobsigensee

Sarah Aellen

Landeskarte 1:25'000	1146
Koordinaten Maximaltiefe	589'323 / 208'851
Höhe Seeoberfläche	514 m.ü.M.
Seefläche	1.73 ha
Maximaltiefe	2.5 m
Seevolumen	21'953 m^3
maximale Höhe top. Einzugsgebiet	631 m.ü.M.
mittlere Höhe top. Einzugsgebiet	549 m.ü.M.

Flächenanteile Einzugsgebiet	
See	2 %
Wald	2 %
Siedlung	4 %
Landwirtschaft	84 %
Verschiedene	8 %

Inhaltsverzeichnis:

1. Zusammenfassung, Handlungsbedarf
2. Seephysikalische Tiefenprofile
3. Nährstoff-Daten 1993, 2003 und 2013
4. Pestizide und deren Abbauprodukte
5. Phytoplankton
6. Zooplankton

Zusammenfassung

Kriterium	Zustand / Beurteilung
natürlicher Trophiegrad	eutroph
aktueller Trophiegrad	überdüngt (polytroph)
Sauerstoff	Anforderung GSchV nicht anwendbar
Phytoplankton	polytroph
ökotox. Bewertung Pestizide und Transformationsprodukte	gut
Veränderung gegenüber 2003	nicht ersichtlich
Abwasserzufluss	ja

Der natürlicherweise produktive Flachsee weist eine hohe Algenproduktion auf. Die benötigten Nährstoffe fliessen dem See aus dem Einzugsgebiet über Abschwemmungen oder via Drainagen zu. Rücklösungsprozesse aus dem Sediment tragen zur seeinternen Düngung bei. Eine Verbesserung des Seezustandes ist aus den vorhandenen Daten nicht ersichtlich.

Trotz der geringen Seetiefe und des Eintrags von sauerstoffreichem Oberflächenwasser in tiefere Wasserschichten bei periodischen Zirkulationsereignissen führt der Sauerstoffverbrauch für den Abbau der Algenbiomasse zeitweise zu einem länger anhaltenden anaeroben Tiefenwasser. Grundsätzlich möglich sind auch kurzfristig sauerstofflose Verhältnisse im ganzen Gewässer, wenn der See "kippt". Mangels Daten sind dazu jedoch keine präziseren Aussagen möglich. Der Wechsel zwischen guten und schlechten Sauerstoffverhältnissen über dem Seegrund und an der Sedimentoberfläche widerspiegelt sich auch in der einseitigen und spärlichen Besiedlung des Sedimentes mit Benthosorganismen.

Eine Verringerung des Nährstoffeintrags dürfte zwar die heute beschleunigte Verlandung des Lobsigensees verlangsamen. Trotzdem wird die bereits jetzt geringe Seetiefe in den nächsten Jahrzehnten weiter abnehmen. Ein technischer Eingriff (Ausbaggerung) oder die Wiederanhebung des Seespiegels würden zwar die Lebensdauer des Sees erhöhen. Ob diese Eingriffe sinnvoll und verhältnismässig sind, ist allerdings fraglich.

Aus gewässerökologischer Sicht und im Interesse der Förderung und Erhaltung der Biodiversität, ist die dynamische Entwicklung des Flachsees in Richtung Feuchtgebiet zuzulassen, nicht aber zusätzlich zu fördern. Diese Sukzession wird dabei zu veränderten Lebensräumen führen.

Handlungsbedarf

Der Fernhaltung von Nährstoffen aus der landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet ist nach wie vor grosse Aufmerksamkeit zu schenken. Der Eintrag von Pflanzenschutzmitteln und insbesondere die gemessenen hohen Konzentrationen von Transformationsprodukten stellen eine latente Gefahr für das Ökosystem dar, auch wenn nach heutigem Wissensstand der Lobsigensee ökotoxikologisch als gut beurteilt wird. Die im nationalen Aktionsplan Pflanzenschutzmittel (in Bearbeitung) identifizierten Massnahmen für eine Verringerung der Belastung durch Pestizide sind umsetzen. Die Biodiversität des Ökosystems muss erhalten und gefördert werden, auch unter Berücksichtigung der dynamischen Entwicklung des Flachsees mit seiner beschleunigten Verlandung.

Tiefenprofile

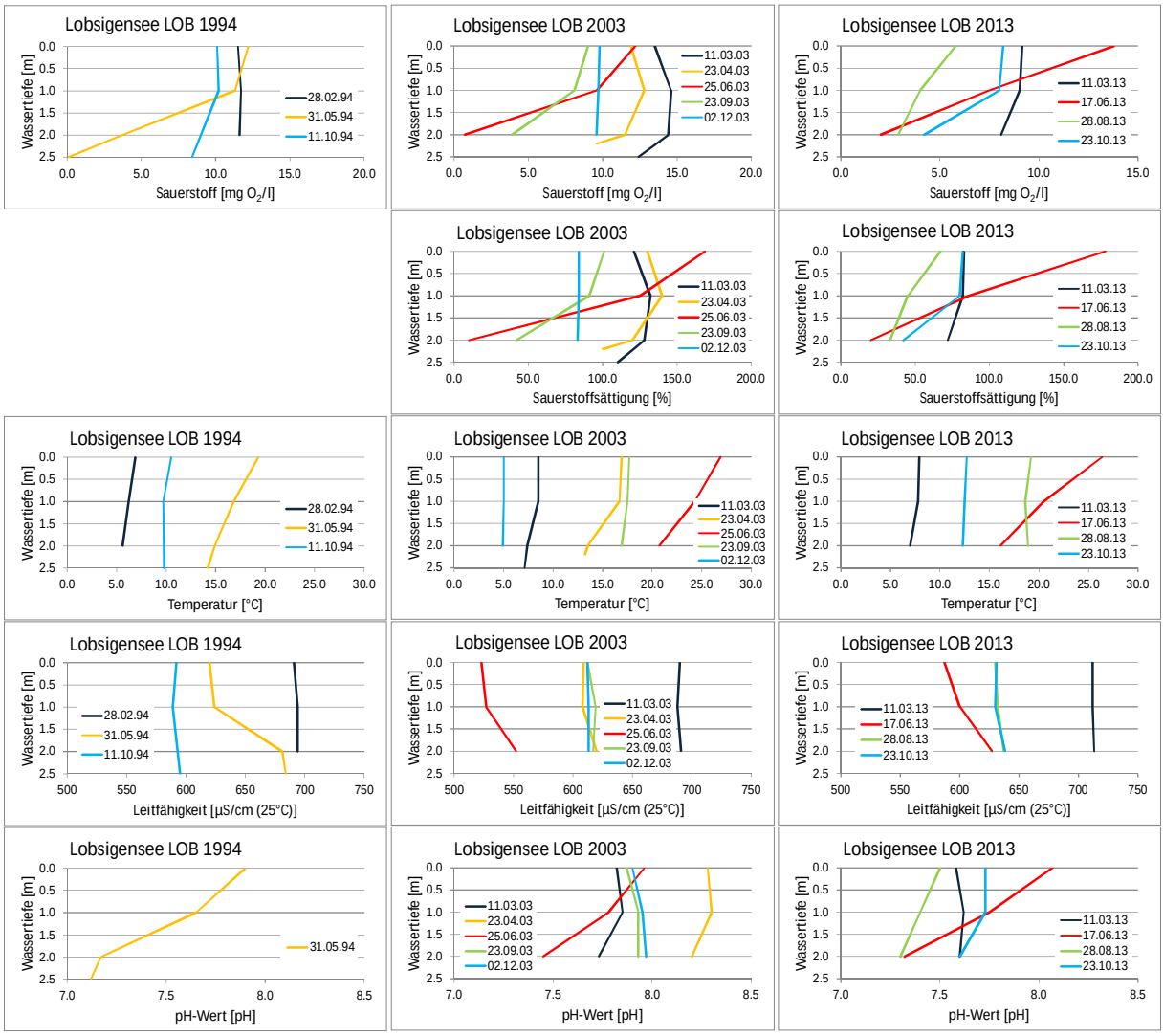


Abb. 52: Seephysikalische Tiefenprofile 1994, 2003 und 2013.

Nährstoffe

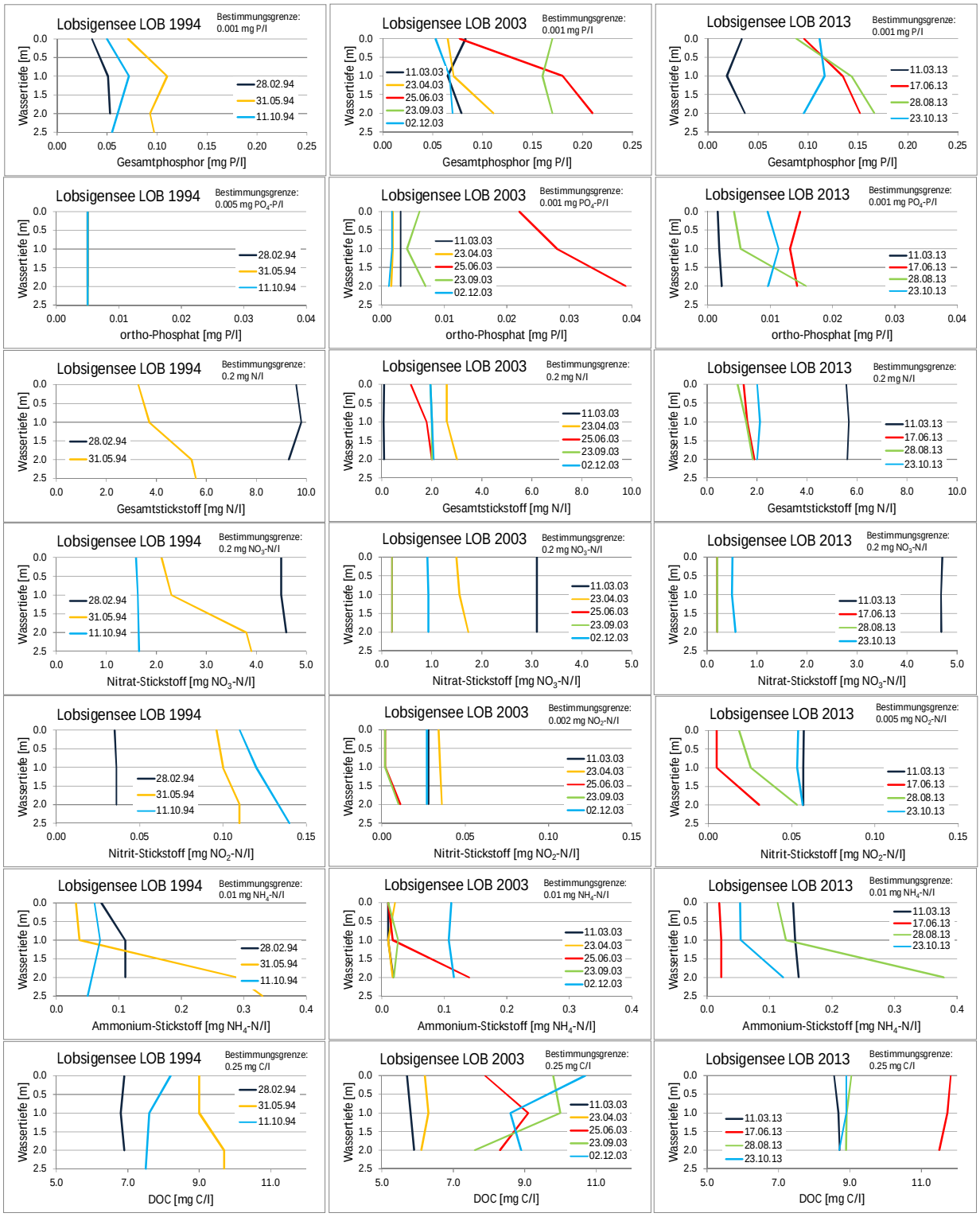


Abb. 53: Nährstoffdaten, erhoben während der 3 Messkampagnen 1994, 2003 und 2013.

Pestizide und Transformationsprodukte

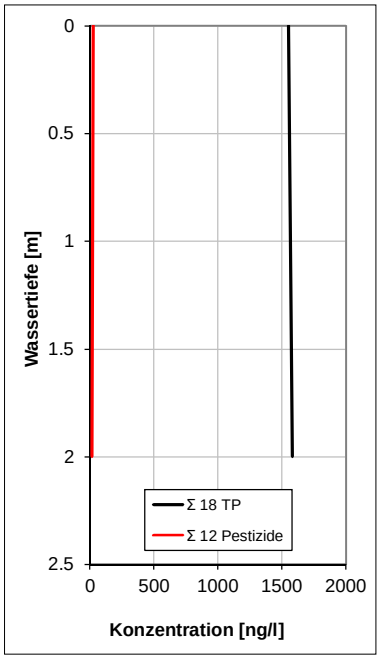


Abb. 54: Vorkommen von 12 Pestizidwirkstoffen (Summe davon als rote Linie) und die Summe der 18 dazugehörigen Transformationsprodukte TP (schwarze Linie). Bei den Pestiziden und TP ist die Summenkonzentration der jeweiligen Tiefenstufe über alle gemessenen Tiefenprofile gemittelt. Während die einzelnen Pestizidwirkstoffe nur geringe Werte zeigten, wurden im Lobsigensee die höchsten Konzentrationen von TP aller untersuchten Kleinseen gemessen. Völlig dominiert wurden die TP durch Desphenyl-chloridazon (Ursprungssubstanz ist das Herbizid Chloridazon, eingesetzt im Zuckerrübenanbau). Ökotoxikologisch und als Einzelsubstanz betrachtet werden die im Lobsigensee gemessenen Werte von Desphenylchloridazon nach heutigem Wissensstand zwar als unbedenklich eingestuft. Die hohen Konzentrationen widersprechen allerdings den ökologischen Zielen der GSchV und generell dem Vorsorgeprinzip der Umweltschutzgesetzgebung.

Markersubstanzen

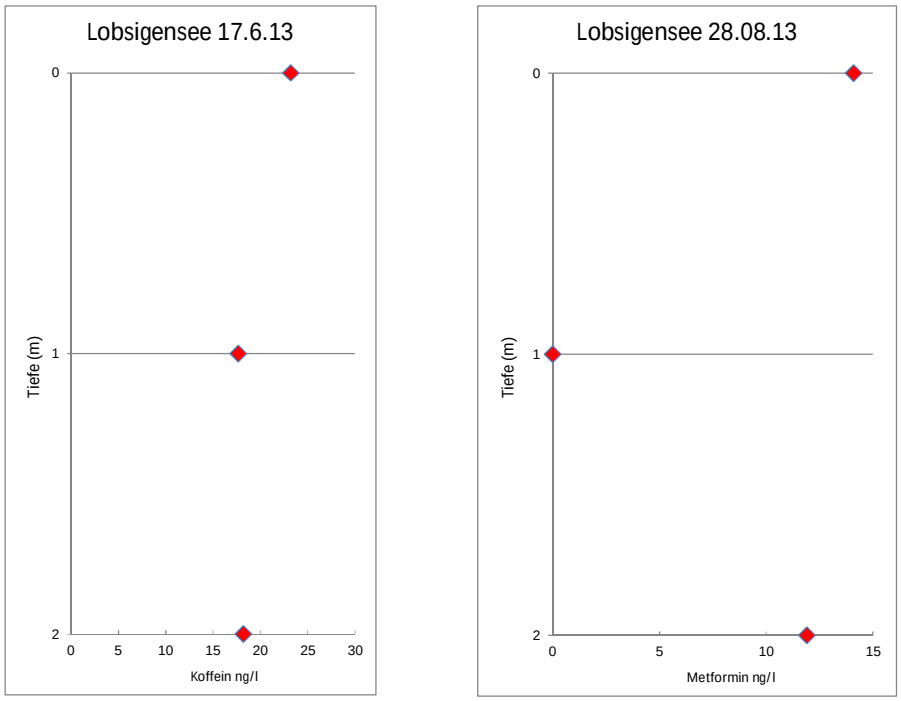


Abb. 55: Geringe Mengen an Koffein und Metformin belegen das Vorhandensein von häuslichem Abwasser im See. Ob der Eintrag direkt oder via Drainagen erfolgte, ist auf Grund der vorhandenden Datenlage nicht klar. Ökotoxikologisch sind die gefundenen Substanzen und Mengen unbedenklich.

Phytoplankton

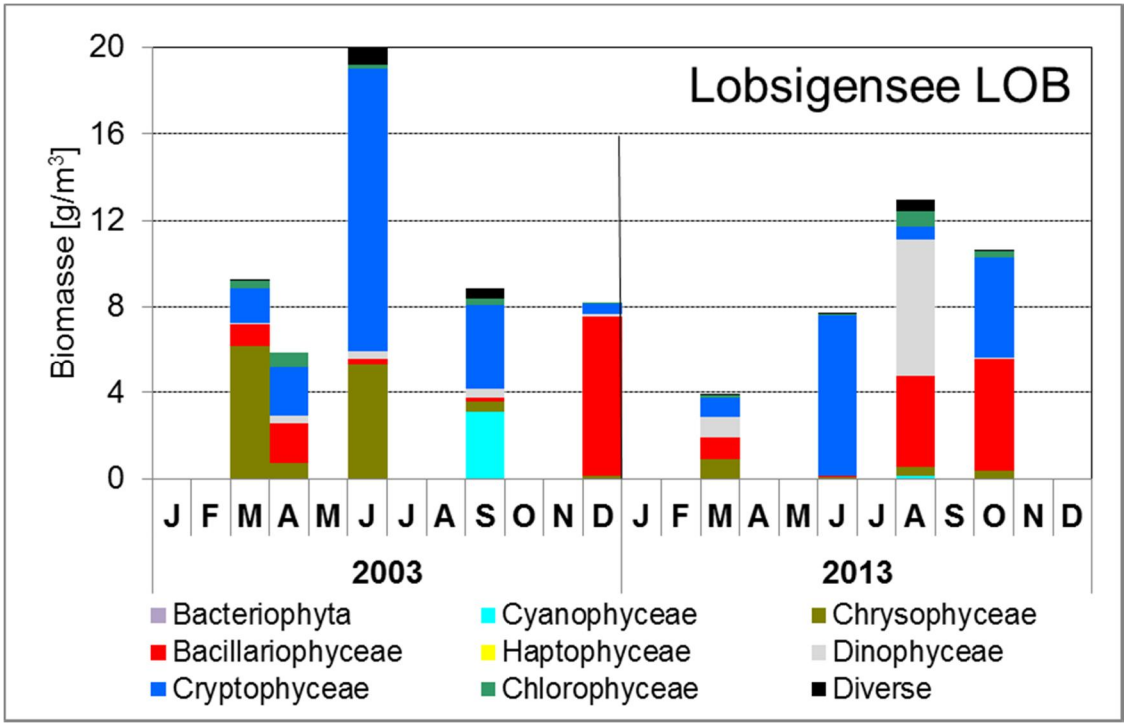


Abb. 56: Biomasse der Algengruppen

Der Lobsigensee wies in beiden Untersuchungsjahren die höchste Taxazahl im Vergleich zu den übrigen untersuchten Seen auf. Das Plankton ist insgesamt sehr vielfältig und von einem grossen Formenreichtum. Sowohl 2003 wie 2013 gehörten mit 35 bzw. 45 Taxa über 35 % der gefundenen Algen zur Gruppe der Grünalgen (*Chlorophyceae*), gefolgt von Gold-Kieselalgen (*Chrysophyceae, Bacillariophyceae*).

Trotz ihrer grossen Taxazahl hatten die Grünalgen in beiden Jahren nur einen geringen Anteil an der Biomasse der Algen. Deutlich mehr Biomasse bildeten die Schlund-, Gold- und Kieselalgen (*Cryptophyceae, Chrysophyceae, Bacillariophyceae)* in beiden Jahren. Blaualgen (*Cyanophyceae*) und Panzerflagellaten (*Dinophyceae*) traten nur in einem der Untersuchungsjahre gehäuft auf.

Die Biomassen im Lobsigensee variierten in beiden Jahren in einer ähnlichen Grössenordnung zwischen 4 und 20 g/m^3, dabei wurden einzelne Massenvorkommen ("Algenblüten") zum Zeitpunkt der Probenahme festgestellt. Das mehrfache Auftreten von Massenvorkommen einzelner Algenarten im Jahresverlauf ist für Gewässer mit viel verfügbaren Nährstoffen typisch. Die mittlere Biomasse war in beiden Jahren im Vergleich zu den übrigen untersuchten Seen am höchsten.

See	Jahr	Mittel [g/m^3]	Maximum [g/m^3]	natürlicher Trophiegrad (LAWA 1998)	Trophie nach BRETTUM (Spitzenwert)	Trophie nach BRETTUM (Mittelwert der Vegetationsperiode)	Trophie nach HEINONEN (Mittelwert der Vegetationsperiode)
LOB	2003	10.368	20.358	eutroph			
	2013	8.569	12.740				

Tabelle 11: Berechneter natürlichen Trophiegrad und Bestimmung des heutigen Trophiegrades anhand des Mittel und Maximum der Gesamtbiomasse der Algen [g/m^3] mit verschiedenen Methoden.

Der aufgrund der Morphometrie des Sees errechnete natürliche trophische Zustand ist ein mit Nährstoffen belasteter Flachsee (eutroph). Drei Methoden zur Beurteilung der Trophie anhand der Algenbiomasse stufen den Lobsigensee 2003 als überdüngt (polytroph) ein. Auch 2013 wird er von zwei der drei Methoden als überdüngt (polytroph) bewertet. Eine Verbesserung in den letzten 10 Jahren ist nicht erkennbar.

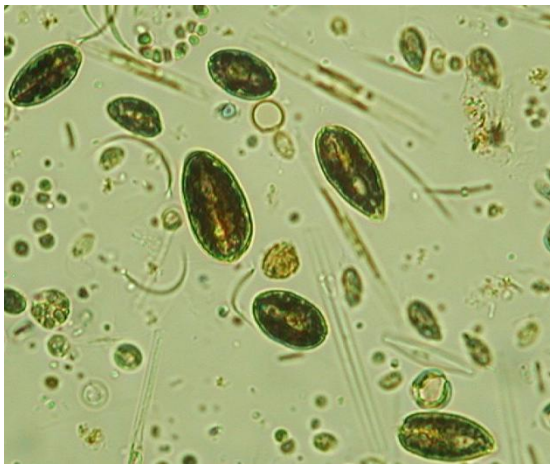


Abb. 57: Die Schlundalge *Cryptomonas* kommt das ganze Jahr vor. Massenvorkommen sind jedoch eher im Frühling und Herbst zu erwarten. (Vergrösserung 1:200)

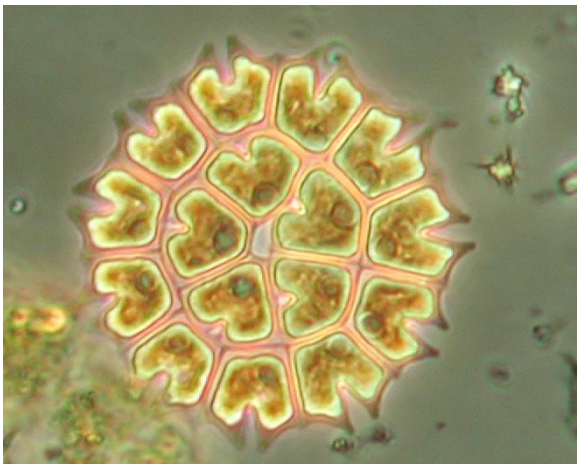


Abb. 58: die Grünalgenkolonie *Pediastrum tetras* ist eine der vielen Grünalgen, die im Lobsigensee beobachtet wurden. (Vergrösserung 1:400)

Zooplankton (Crustaceen)

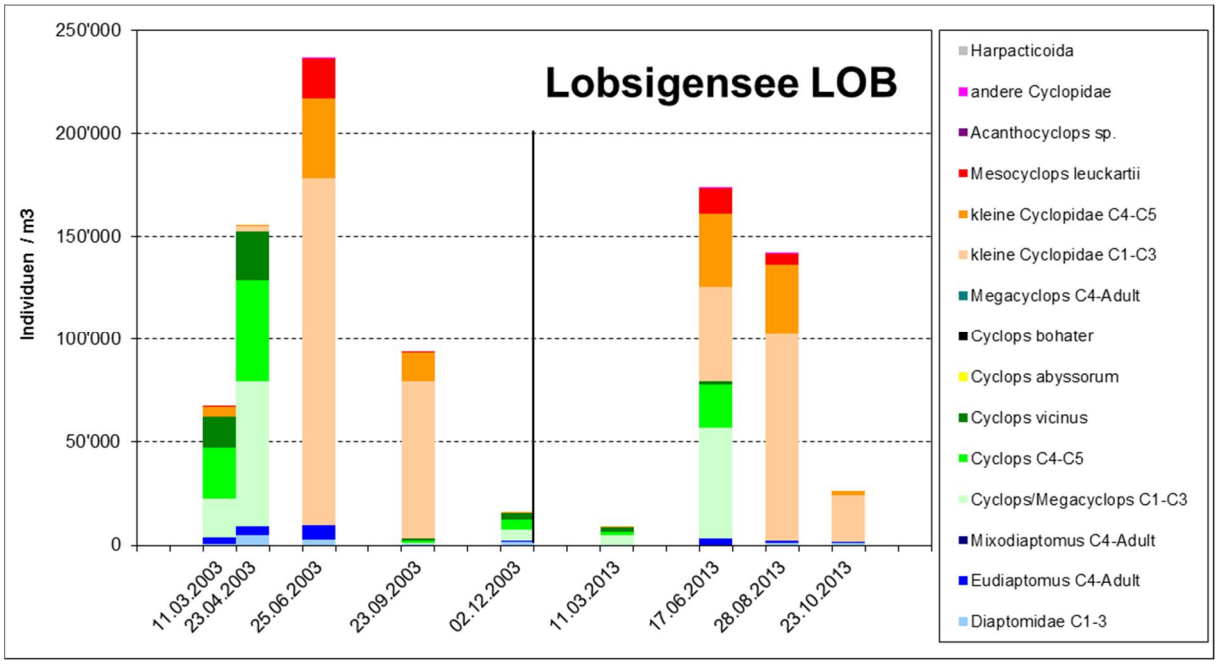


Abb. 59: Individuendichte der Ruderfusskrebse (Copepoda) im Lobsigensee 2003 und 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

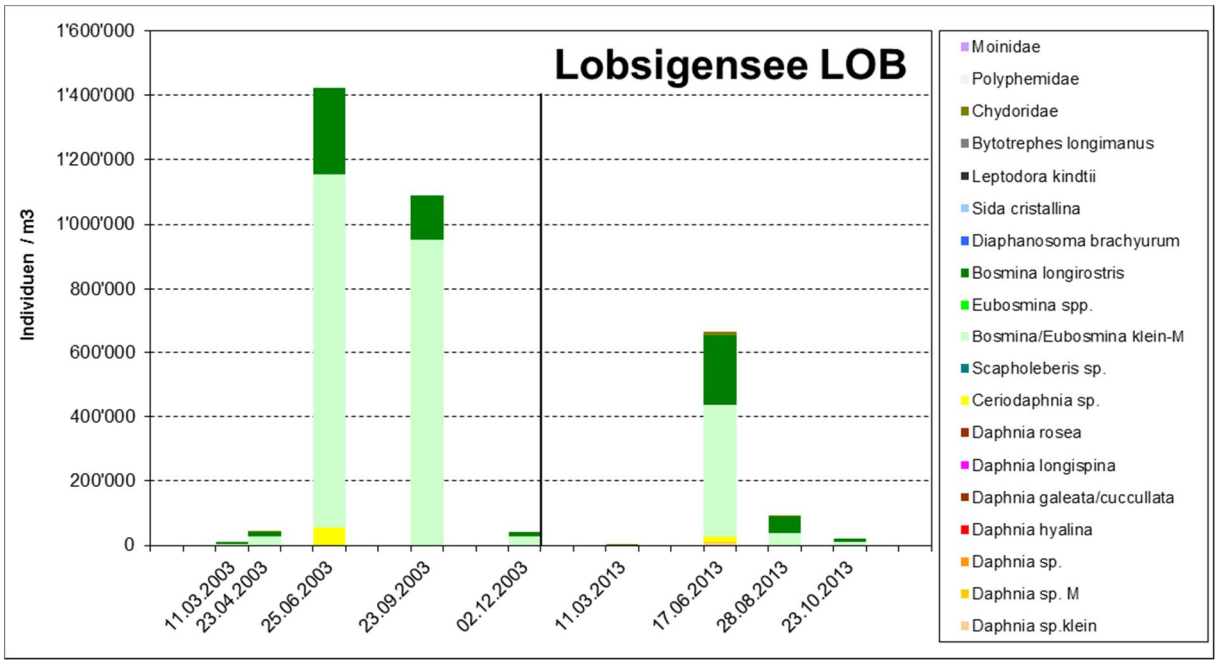


Abb. 60: Individuendichte der Blattfusskrebse (Cladocera) im Lobsigensee 2003 und 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

Die maximale Biomasse des Crustaceenplanktons im sehr flachen Lobsigensee war mit 34 g/m^3 (2003) und 21 g/m^3 (2013) sehr hoch im Vergleich zu den meisten anderen untersuchten Kleinseen. Ähnliche Biomassen erreichte einzig der ebenfalls sehr flache Inkwilersee.
Die Abfolge der Crustaceenarten deutet auf klar eutrophe Verhältnisse hin. Im Frühling dominierten 2003 klar die grossen Hüpferlinge (*Cyclops vicinus*). 2013 wurden wesentlich geringere Abundanzen beobachtet, und dies erst im Juni (75'000 Individuen/m^3). Ab Juni traten die kleinen Hüpferlinge (*Mesocyclops leuckartii*) in Erscheinung und erreichten ihr Maximum Ende August (140'000 Individuen/m^3). Die Schwebekrebschen waren zwar vorhanden, erreichten aber nie hohe Anteile. Unter den Blattfusskrebschen (*Cladocera*) konnten zwar Wasserflöhe (*Daphnia sp*. mit 10'000 Ind./m3 und *Ceriodaphnia sp*. mit 15'000 Ind./m^3) beobachtet werden. Eindeutig dominiert wurde aber das Sommerplankton von den Rüsselkrebschen (*Bosmina longirostris*) mit 1.37 Mio. Individuen/m^3.
Der Vergleich der beiden Untersuchungsjahre zeigte, dass einerseits die Artenabfolge gleich geblieben ist, aber andererseits die Abundanzen der dominanten Taxa abgenommen haben. Diese Abnahme ist aber schwierig zu interpretieren, da durch die nur vier Probenahmen pro Jahr nicht die ganze Populationsentwicklung erfasst werden konnte und darum auch Abundanzmaxima der sich schnell entwickelnden Taxa verpasst werden konnten. Als Aussage bleibt aber, dass die Artenzusammensetzung und die Abundanzen auf eine deutliche Überdüngung des Lobsigensees hinweisen.

Grosser Moossee

Vinzenz Maurer

Landeskarte 1:25'000	1147
Koordinaten Maximaltiefe	602'994/207'917
Höhe Seeoberfläche	521 m.ü.M.
Seefläche	30.35 ha
Maximaltiefe	21.1 m
Seevolumen	2'950'858 m^3
Fläche topografisches Einzugsgebiet	2081.24 ha
maximale Höhe top. Einzugsgebiet	685 m.ü.M.
mittlere Höhe top. Einzugsgebiet	569 m.ü.M.

Flächenanteile Einzugsgebiet	
Wald	22 %
Siedlung	6 %
Landwirtschaft	53 %
unproduktive Fläche	11 %
See	2 %
Diverse	6 %

Inhaltsverzeichnis:

1. Zusammenfassung, Handlungsbedarf
2. Seephysikalische Tiefenprofile
3. Nährstoff-Daten 1993, 2003 und 2013
4. Pestizide und deren Abbauprodukte
5. Phytoplankton
6. Zooplankton

Zusammenfassung

Kriterium	Zustand / Beurteilung
natürlicher Trophiegrad	mesotroph
aktueller Trophiegrad	eutroph (produktiv) bis polytroph (überdüngt)
Sauerstoff	Anforderung GSchV nicht erfüllt
Phytoplankton	eutroph bis polytroph
ökotox. Bewertung Pestizide und Transformationsprodukte	gut
Veränderung gegenüber 1993 und 2003	keine Verbesserung ersichtlich
Abwasserzufluss	ja

Im Moossee findet nach wie vor ein starkes Algenwachstum, verursacht durch ein Überangebot an Nährstoffen (primär Phosphor), statt. Die Quellen für diese Nährstoffe sind einerseits diffuse Abschwemmungen aus dem Einzugsgebiet, seeinterne Rücklösungsprozesse im Sediment sowie Entlastungen von Bauwerken aus der Siedlungsentwässerung. Auf Grund fehlender Zufluss- und Abflussdaten kann der Nährstoffeintrag nicht bilanziert werden.

Das mehrmalige Vorkommen von Algenblüten ist ein deutlicher Hinweis auf den hochproduktiven Charakter des Sees. Die resultierenden Abbauprozesse führen zu einer ausgeprägten Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser. Über mehrere Monate im Sommer ist das Wasser ab rund 6-8 m regelmässig sauerstofflos. Ein Leben für Wasserorganismen, und damit auch Fische, ist in der tieferen Hälfte des Moossees während längerer Zeit jedes Jahr nicht mehr möglich. Dank grosser Anstrengungen und Investitionen im technischen Gewässerschutz, Optimierungen in der Düngepraxis sowie Nutzungsänderungen im Einzugsgebiet fliessen heute dem Moossee weniger Nährstoffe zu als in früheren Jahren. Eine langfristige Verbesserung oder zumindest Stabilisierung des heutigen schlechten Zustandes ist allerdings nur möglich, wenn sich dieser Trend fortsetzt.

Aus ökotoxikologischer Sicht werden die gemessenen Rückstände an Pflanzenschutzmitteln und deren Transformationsprodukte zur Zeit als unproblematisch beurteilt. Trotzdem widersprechen die gefundenen Konzentrationen den Zielen der GSchV und dem Vorsorgeprinzip der Umweltschutzgesetzgebung.

Handlungsbedarf

Die Anstrengungen zur Reduktion des Nährstoffeintrages aus dem Einzugsgebiet müssen konsequent weitergeführt werden und sind Voraussetzung für eine verringerte Primärproduktion, bessere Sauerstoffverhältnisse, eine geringere Verlandungsgeschwindigkeit und schlussendlich für eine längere Lebensdauer des Moossees.
Der durch die im See gemessenen Markersubstanzen belegte Zufluss von häuslichem Abwasser ist im Rahmen von GEP-Massnahmen zu eruieren und zu minimieren.
Zur Zeit befindet sich der nationale Aktionsplan Pflanzenschutzmittel in Bearbeitung. Wir erwarten von dieser Planung, dass darin auch Massnahmen zur Verbesserung der Qualität von Oberflächengewässern enthalten sein werden. Diese Massnahmen, falls relevant und sinnvoll für den Moossee, sind umzusetzen.

Seephysikalische Tiefenprofile

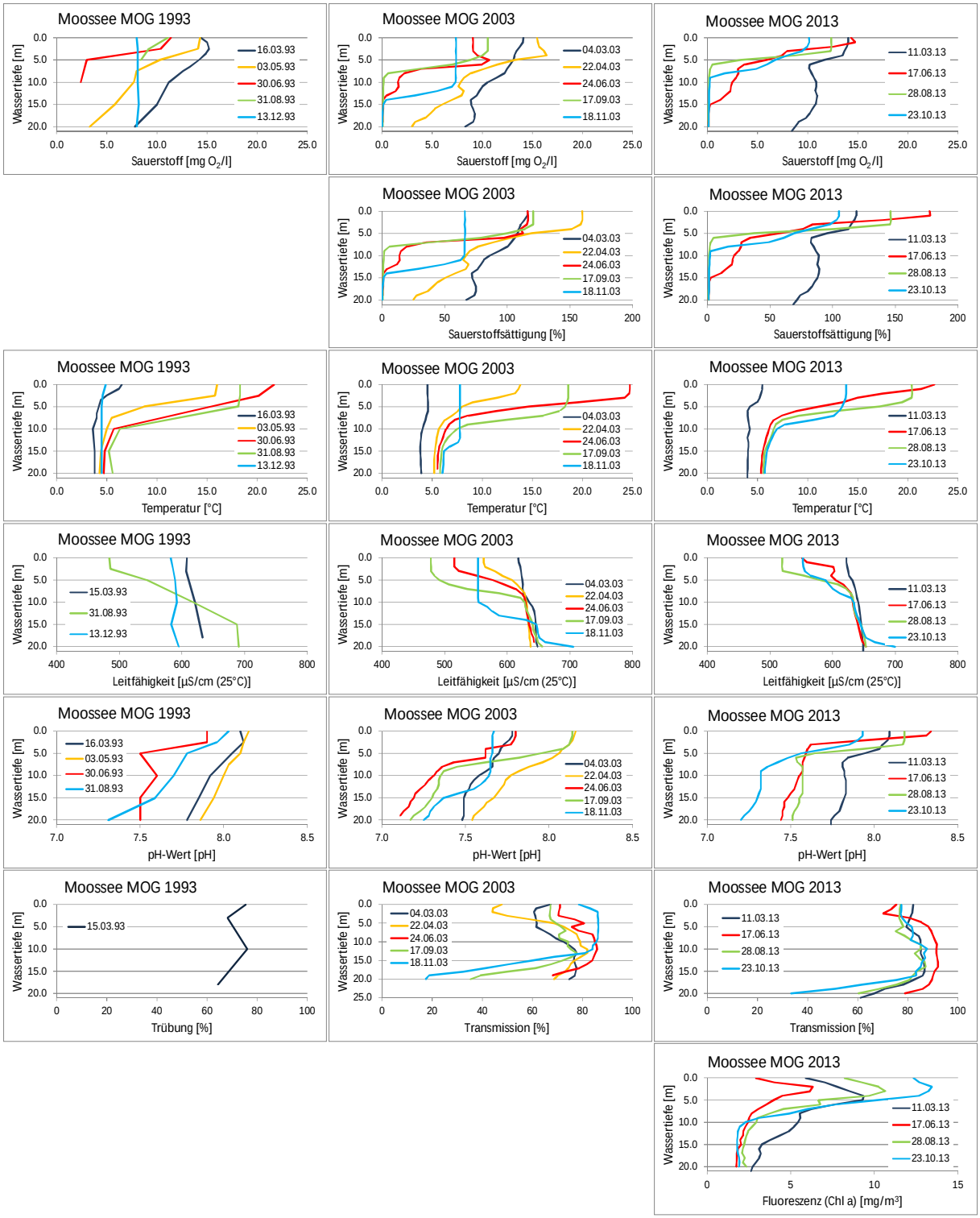


Abb. 61: Tiefenprofile, erhoben während der 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013.

Nährstoffe

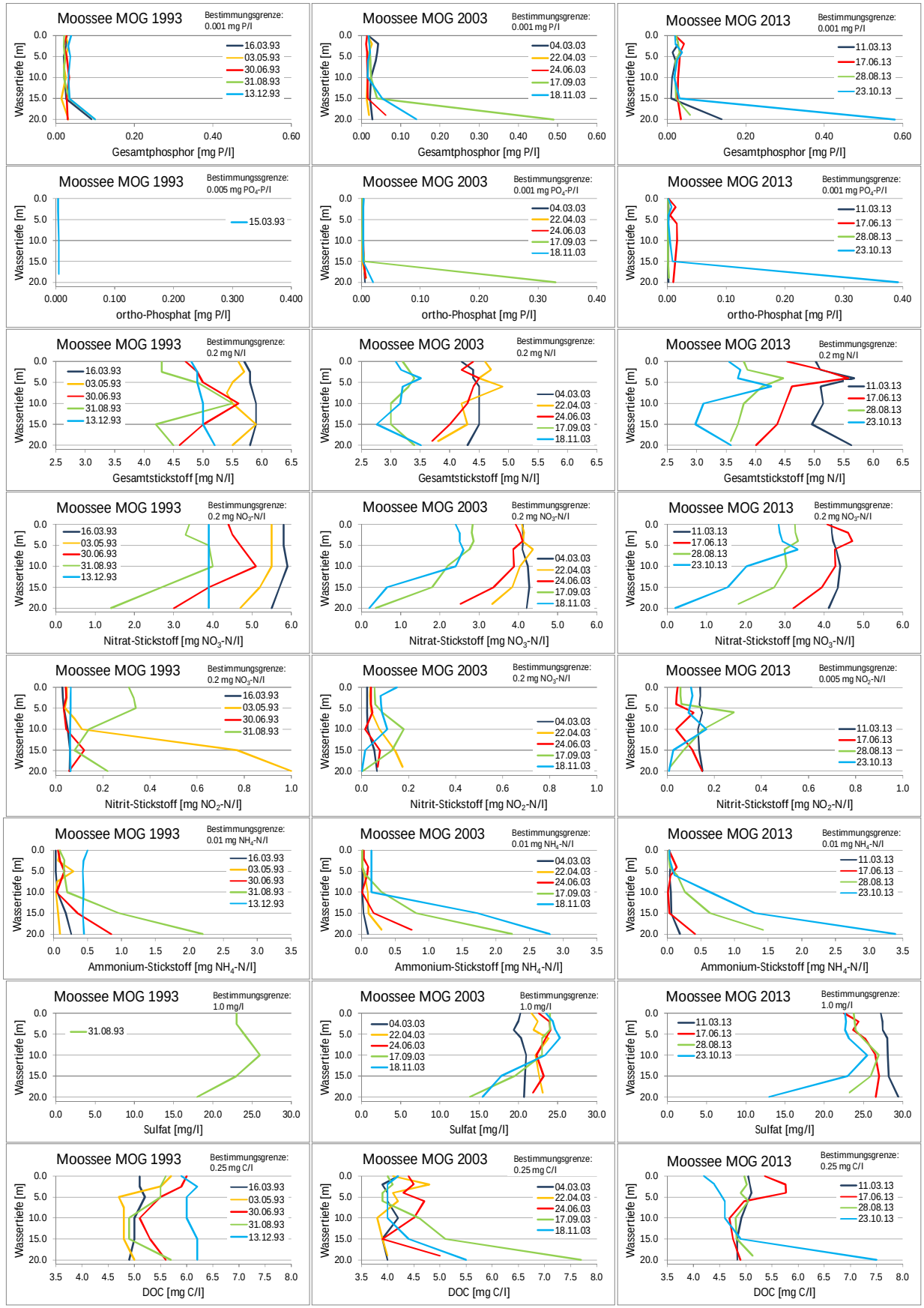


Abb. 62: Nährstoffdaten, erhoben während der 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013.

Pestizide und Transformationsprodukte

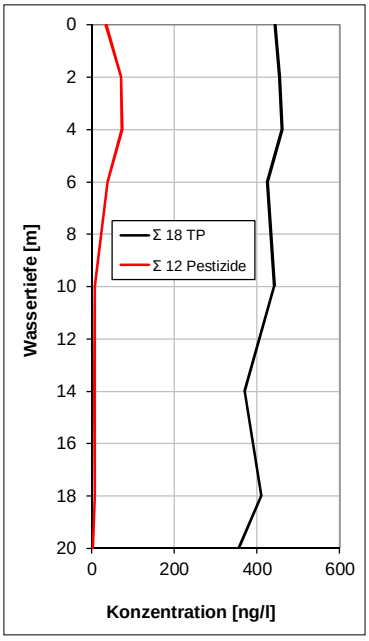


Abb. 63: Vorkommen von 12 Pestizidwirkstoffen (Summe davon als rote Linie) und die Summe der 18 dazugehörigen Transformations-produkte TP (schwarze Linie). Bei den Pestiziden und TP ist die Summenkonzentration der jeweiligen Tiefenstufe über alle gemessenen Tiefenprofile gemittelt.

Markersubstanzen

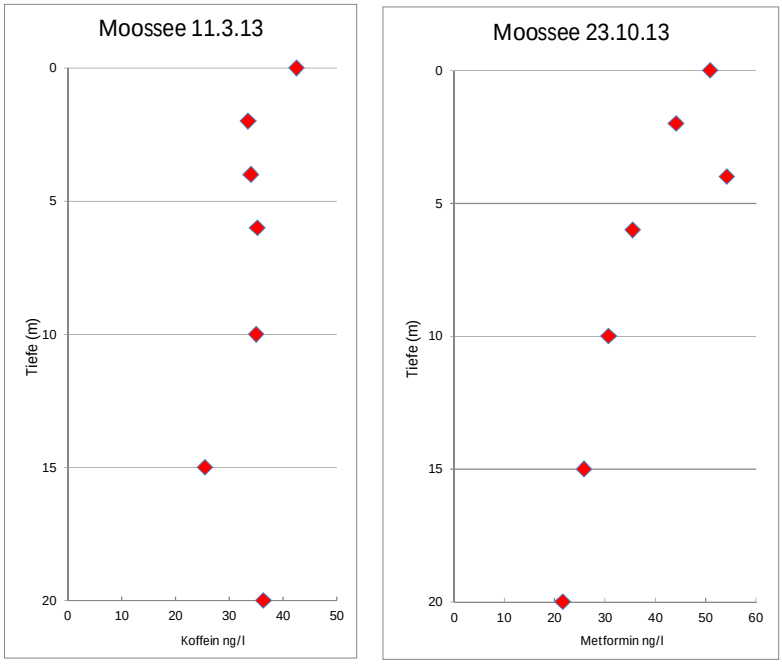


Abb. 64: Die Markersubstanzen Koffein und Metformin zeigen einen Zufluss von häuslichem Abwasser in den See. Die Konzentrationen von Benzotriazol (hier nicht gezeigt) bewegen sich im Bereich der Bestimmungsgrenze, belegen aber ebenfalls den Zufluss von Abwasser aus der Siedlungsentwässerung. Ökotoxikologisch sind die gefundenen Werte unproblematisch.

Phytoplankton

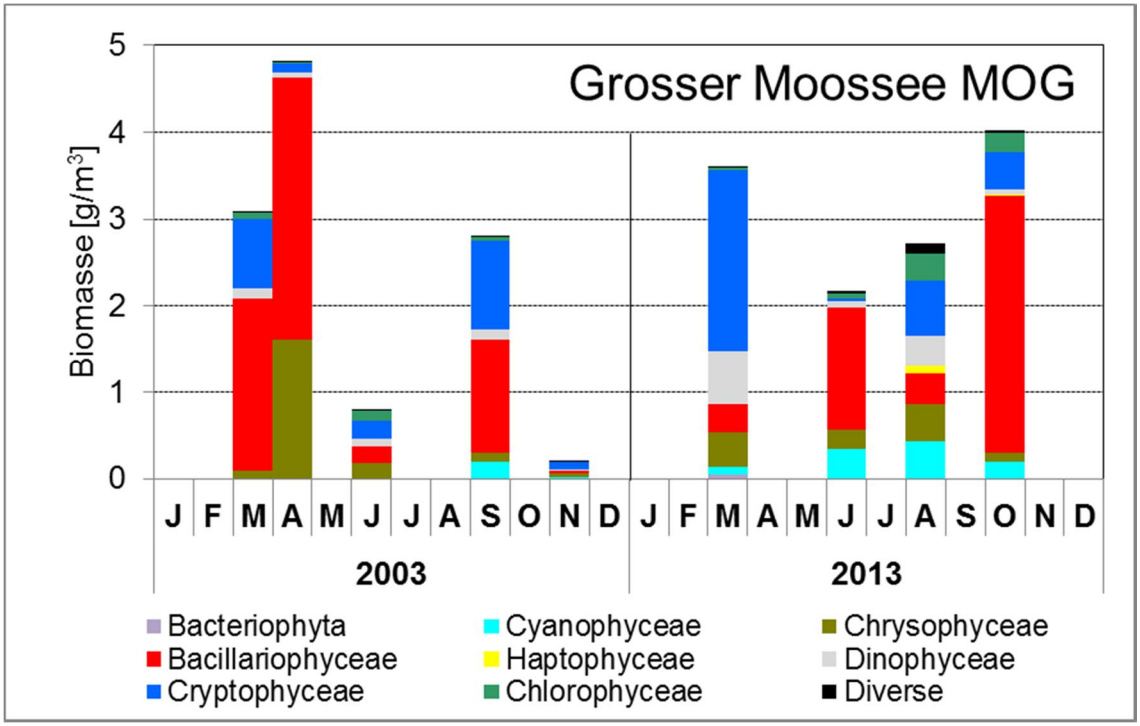


Abb. 65: Biomasse der Algengruppen

Über 25% der im grossen Moossee gefundenen Algen gehörten in beiden Untersuchungsjahren zur Gruppe der Grünalgen (*Chlorophyceae*), gefolgt von Gold- Kiesel- und Blaualgen (*Chrysophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae*).
Trotz ihrer grossen Taxazahl trugen die Grünalgen in beiden Jahren nur wenig zur Gesamtbiomasse der Algen bei. Deutlich mehr Biomasse bildeten in beiden Jahren die Kiesel-, Schlund- und Goldalgen (*Bacillariophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyceae)*. Blaualgen (*Cyanophyceae*) und Panzerflagellaten (*Dinophyceae*) traten nur 2013 in etwas grösseren Biomassen auf.

Die Biomasse von 2003 variierte im grossen Moossee etwas stärker als 2013. Die Mittelwerte liegen jedoch ähnlich hoch. Massenvorkommen ("Algenblüten") zum Zeitpunkt der Probenahme wurden mehrfach festgestellt. Das mehrfache Auftreten von Massenvorkommen einzelner Algenarten wie z. B. die Kieselalge *Asterionella formosa* im Juni und Oktober 2013 oder die Schlundalge *Cryptomonas erosa* im Oktober 2003 und März 2013 ist für Gewässer mit viel verfügbaren Nährstoffen typisch.

See	Jahr	Mittel [g/m³]	Maximum [g/m³]	natürlicher Trophiegrad (LAWA 1998)	Trophie nach BRETTUM (Spitzenwert)	Trophie nach BRETTUM (Mittelwert der Vegetationsperiode)	Trophie nach HEINONEN (Mittelwert der Vegetationsperiode)
	1995	4.030	5.255				
MOG	2003	2.335	4.815	mesotroph			
	2013	2.824	3.882				

Tabelle 12: berechneter natürlichen Trophiegrad und Bestimmung des heutigen Trophiegrades anhand des Mittel und Maximum der Gesamtbiomasse der Algen [g/m³] mit verschiedenen Methoden.

Der aufgrund der Morphometrie des Sees errechnete natürliche trophische Zustand ist ein mässig mit Nährstoffen belasteter See (mesotroph). Drei Methoden zur Beurteilung der Trophie anhand der Algenbiomasse stufen den Moossee in zwei von drei Untersuchungsjahren als stark gedüngt bis überdüngt (eutroph - polytroph) ein. Die einmalige Bewertung als mässig gedüngt im 2003 leitete leider keine Trendwende ein. Der Zustand des Moossees ist nach wie vor schlecht, blieb jedoch in den letzten 20 Jahren stabil.

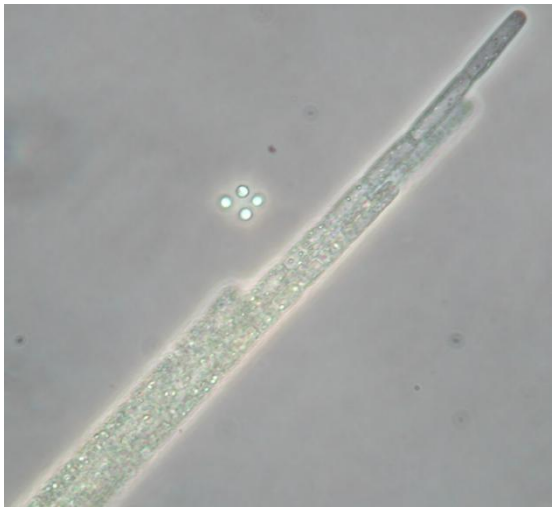


Abb. 66: Fädige Blaualgen wie hier *Aphanizomenon flos-aquae* wurden 2013 in jeder Probenahme gefunden. Da einige Blaualgen Toxine bilden können, ist eine Überwachung in einem Badegewässer wie dem grossen Moossee relevant. Die Gehalte erreichten 2013 die kritische Grenze klar nicht. (Vergrösserung 1:400)

Abb. 67: Die sternförmige Kieselalgenkolonie *Asterionella formosa* ist eine Kaltwasserart. Sie tritt deshalb häufig im Frühling oder Herbst in Massen auf. (Vergrösserung 1:400)

Zooplankton (Crustaceen)

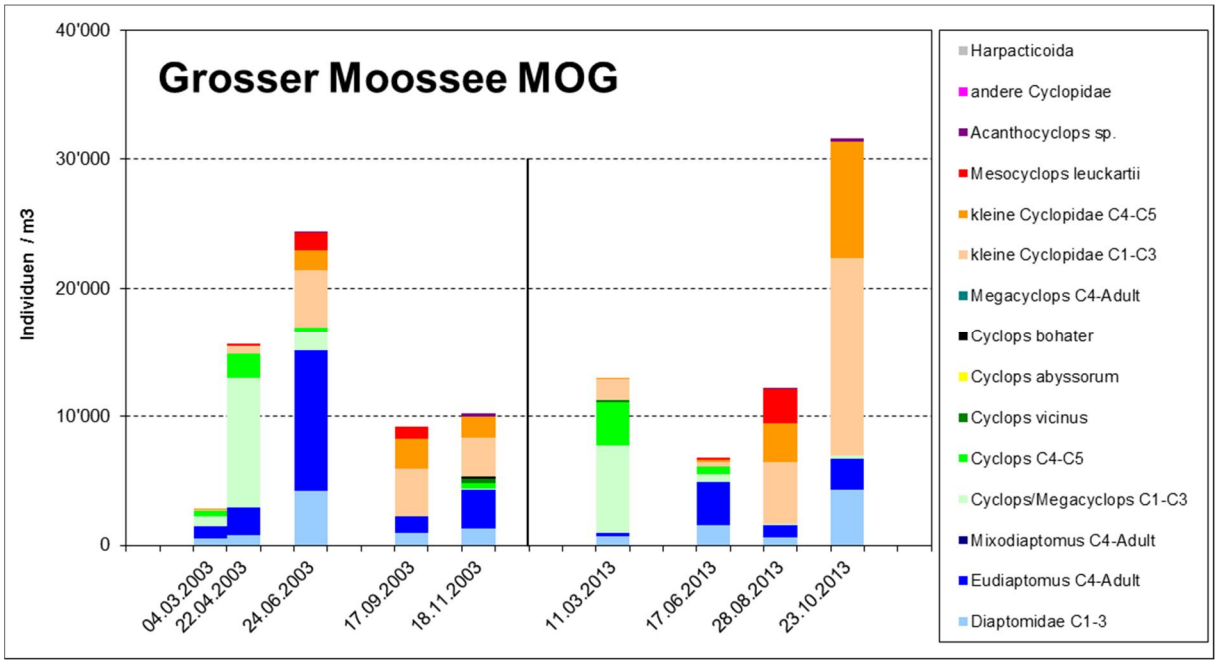


Abb. 68: Individuendichte der Ruderfusskrebse (Copepoda) im grossen Moossee 2003 und 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

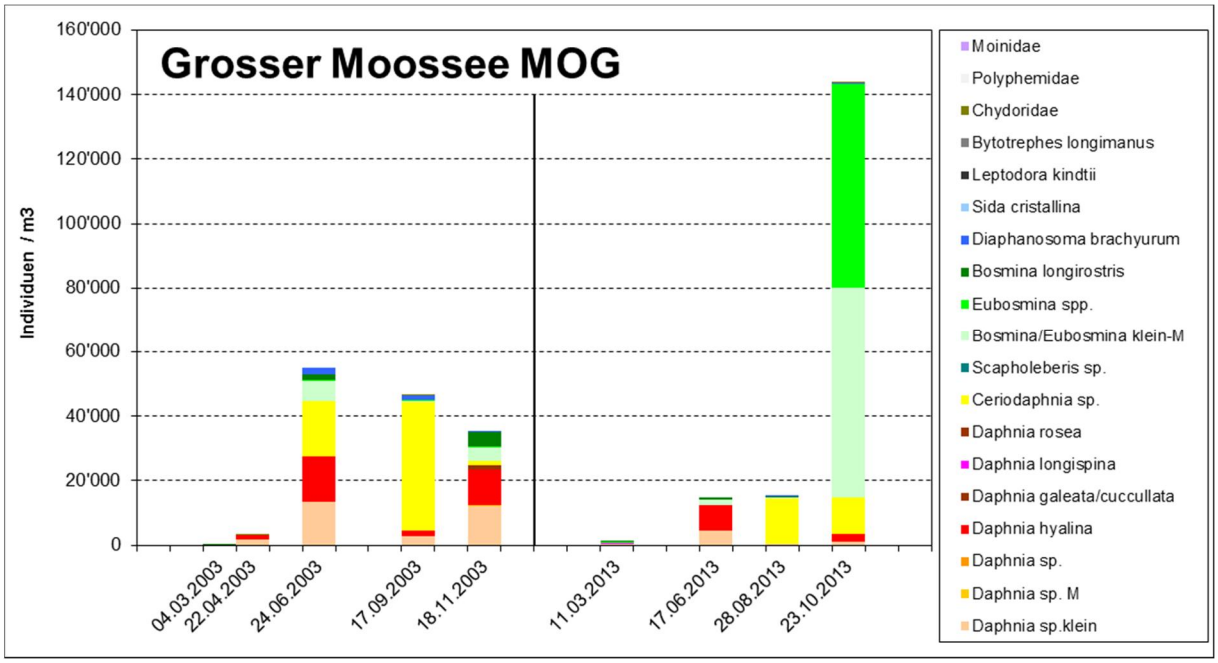


Abb. 69: Individuendichte der Blattfusskrebse (Cladocera) im grossen Moossee 2003 und 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

Die maximale Biomasse des Crustaceenplanktons im grossen Moossee lag mit 6.5 g/m^3 (2003) und 8.6 g/m^3 (2013) in einem ähnlichen Bereich wie Amsoldinger-, Uebeschi- und Gerzensee. Der höhere Maximalwert 2013 ist auf ein Massenvorkommen von Rüsselkrebschen (*Eubosmina sp*., bis 128'000 Individuen/m^3) im Oktober 2013 zurückzuführen.

Die Abfolge der Crustaceenarten ist typisch für die kleinen meso- bis eutrophen Seen. Im Frühling dominierten in beiden Jahre primär Schwebekrebschen (*Eudiaptomus gracilis*) und grosse Hüpferlinge (*Cyclops sp*.). Ihr absolutes Maximum erreichten die Schwebekrebschen im Juni, ein kleineres im späten Herbst. Im Sommer und Herbst traten dann auch die kleinen Hüpferlinge (*Mesocyclops leuckartii* und vereinzelt auch *Acanthocyclops robustus*) auf. Die Blattfusskrebse (*Cladocera*) erschienen ab Juni, mit zuerst den grossen Wasserflöhen (*Daphnia sp*.), dann mit kleinen Wasserflöhen (*Ceriodaphnia sp*., vereinzelt *Diaphanosoma brachyurum*) und im Herbst auch mit Rüsselkrebschen (vor allem *Eubosmina sp*.).
Im Vergleich zu 2003 traten 2013 die kleinen Hüpferlinge (*Mesocyclops leuckartii*) und die Rüsselkrebschen deutlich häufiger auf, während insbesondere die Wasserflöhe geringere Abundanzen erreichten. Die könnte ein Hinweis auf eine eher zunehmende Eutrophierungstendenz sein.

Burgäschisee

Markus Zeh

Landeskarte 1:25'000	1127
Koordinaten Maximaltiefe BAE1	617'432 / 224'211
Höhe Seeoberfläche	465 m.ü.M.
Seefläche	20.65 ha
Maximaltiefe	30.0 m
Seevolumen	2'784'114 m^3
Fläche topografisches Einzugsgebiet	382.73 ha
maximale Höhe top. Einzugsgebiet	541 m.ü.M.
mittlere Höhe top. Einzugsgebiet	484 m.ü.M.

Flächenanteile Einzugsgebiet	
See	4 %
Wald	29 %
Siedlung	3 %
Landwirtschaft	55 %
unproduktive Fläche	9 %

Inhaltsverzeichnis:

1. Zusammenfassung, Handlungsbedarf
2. Seephysikalische Tiefenprofile
3. Nährstoff-Daten 1993, 2003 und 2013
4. Pestizide und deren Abbauprodukte
5. Phytoplankton
6. Zooplankton

Zusammenfassung

Kriterium	Zustand / Beurteilung
natürlicher Trophiegrad	oligotroph
aktueller Trophiegrad	eutroph (produktiv) bis polytroph (überdüngt)
Sauerstoff	Anforderung GSchV nicht erfüllt
Phytoplankton	eutroph bis polytroph
ökotox. Bewertung Pestizide und Transformationsprodukte	gut
Veränderung gegenüber 1993 und 2003	kein klarer Trend ersichtlich
Abwasserzufluss	gering

Im Gegensatz zu den übrigen in diesem Bericht beschriebenen Kleinseen werden der Burgäschisee und der Inkwilersee seit mehr als 30 Jahren von den beiden Kantonen Solothurn und Bern gemeinsam zweimal pro Jahr beprobt. Trotz dieser vergleichsweise guten Datenlage lassen sich beim Burgäschisee keine Trends, weder zu einer Verbesserung noch einer Verschlechterung, des Seezustandes erkennen. Der See ist seit vielen Jahren hoch produktiv, was sich neben dem starken Algenwachstum auch in prekären Sauerstoffverhältnissen äussert. Eine Veränderung ist auch hier in den letzten Jahrzehnten nicht sichtbar.

Die vor knapp 40 Jahren in Betrieb genommene Tiefenwasserableitung, welche stark belastetes Wasser am Seegrund direkt in den Seeausfluss abführt, hat den Seezustand stabilisiert, wenn auch nicht grundlegend verbessert. Frühere, optimistischere Prognosen müssen heute revidiert werden. Optimierungsmassnahmen bei der Düngepraxis im landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet und technische Massnahmen in der Siedlungsentwässerung haben sicher dazu beigetragen, dass dem See heute weniger Nährstoffe zufliessen als noch vor Jahrzehnten. Die Rücklösungsprozesse aus den nährstoffreichen Sedimenten führen jedoch unter sauerstofflosen Bedingungen zu einer seeinternen Düngung, welche die seexternen Massnahmen zumindest teilweise kompensieren dürften. Ob und wann der Burgäschisee klar messbar auf die Massnahmen im Einzugsgebiet reagieren wird, ist daher unklar.

Aus ökotoxikologischer Sicht werden die gemessenen Rückstände an Pflanzenschutzmitteln und deren Transformationsprodukte zur Zeit als unproblematisch beurteilt. Trotzdem widersprechen die gefundenen, vergleichsweise hohen Konzentrationen den Zielen der GSchV und dem Vorsorgeprinzip der Umweltschutzgesetzgebung.

Handlungsbedarf

Auch wenn beim Burgäschisee bisher keine klaren Anzeichen einer Trendumkehr messbar sind, müssen die Anstrengungen zur Fernhaltung von Nährstoffen konsequent weitergeführt und optimiert werden. Nur so werden die grundsätzlichen Voraussetzungen für eine Verbesserung des Seezustandes erreicht werden können. Neben der Belastung mit Nährstoffen stellen die Pflanzenschutzmittel und ihre Transformationsprodukte auch für das Seeökosystem eine potentielle Gefahr dar. Die im nationalen Aktionsplan Pflanzenschutzmittel (zur Zeit in Bearbeitung) ausgearbeiteten Massnahmen sind, wo möglich und sinnvoll, im Einzugsgebiet des Sees umzusetzen.

Seephysikalische Tiefenprofile

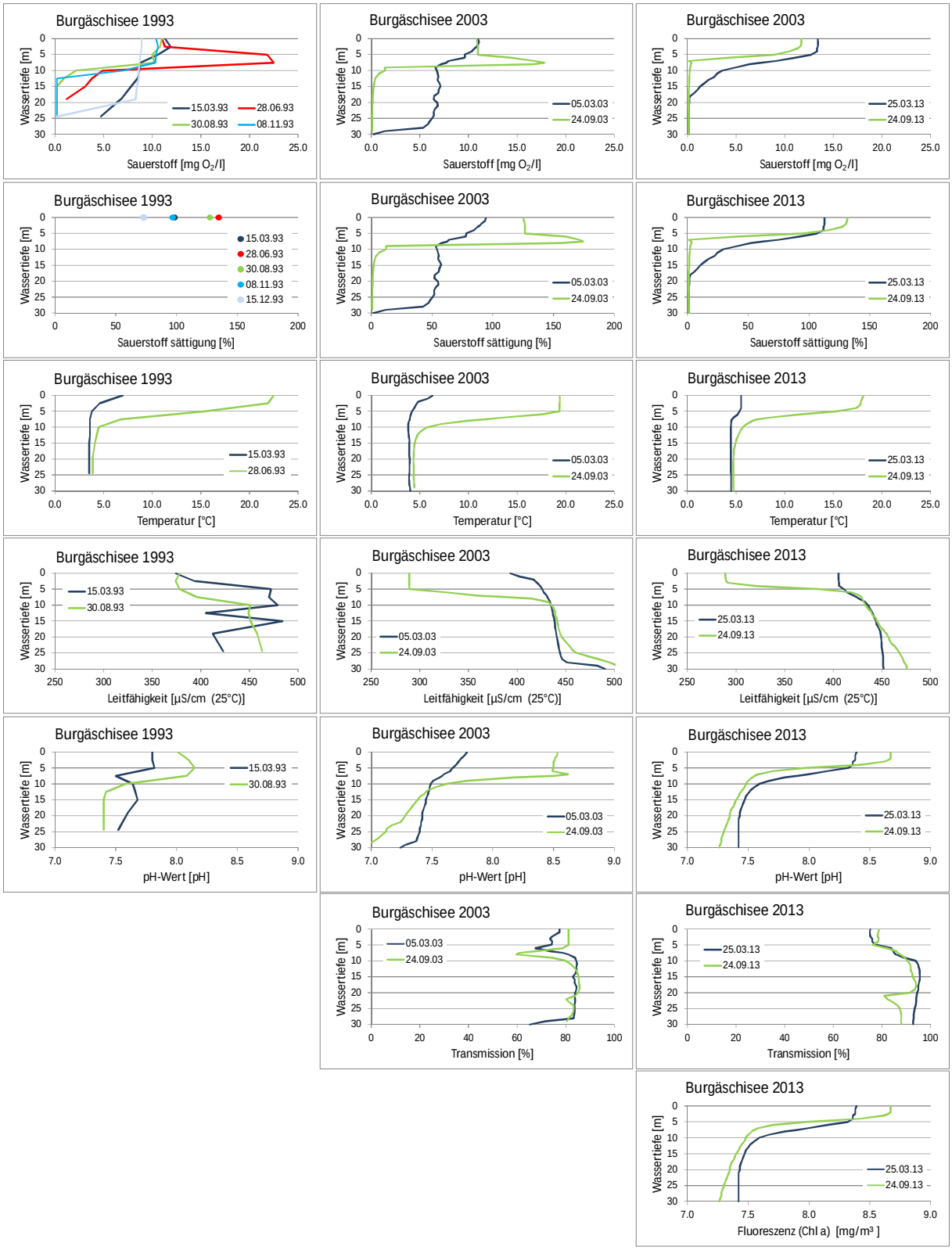


Abb. 70: Tiefenprofile, erhoben während der 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013.

Nährstoffe

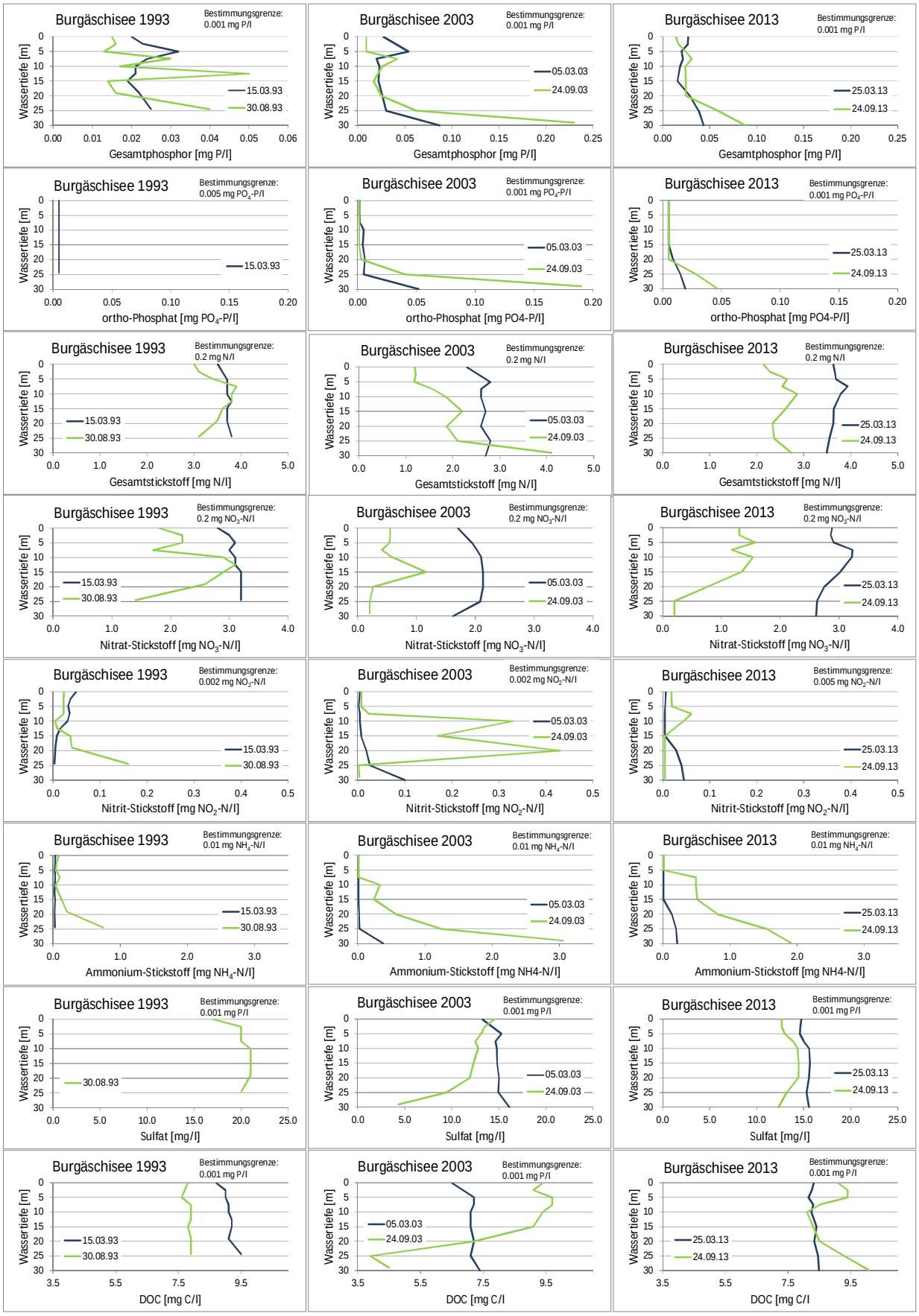


Abb. 71: Nährstoffdaten, erhoben während der 3 Messkampagnen 1993, 2003 und 2013.

Pestizide und Transformationsprodukte

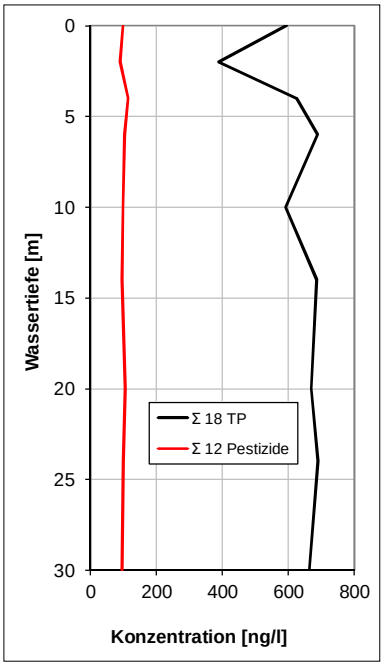
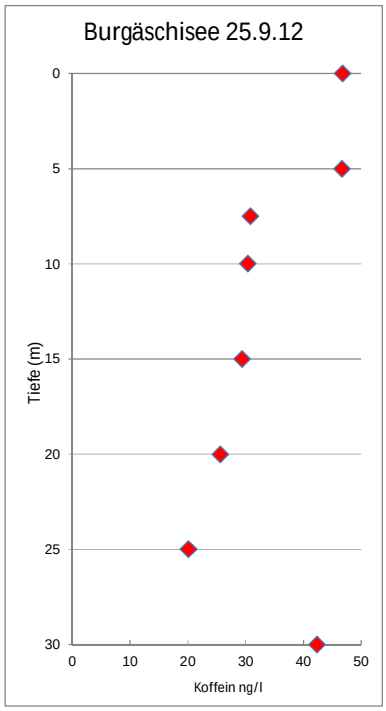


Abb. 72: Vorkommen von 12 Pestizidwirkstoffen (Summe davon als rote Linie) und die Summe der 18 dazugehörigen Transformations-produkte TP (schwarze Linie). Bei den Pestiziden und TP ist die Summenkonzentration der jeweiligen Tiefenstufe über alle gemessenen Tiefenprofile gemittelt. Auf Grund der ökotoxikologischen Beurteilung weist der Burgäschisee zwar eine gute Wasserqualität auf, die vergleichsweise hohen Konzentrationen sind jedoch grundsätzlich problematisch.

Markersubstanzen für häusliches Abwasser



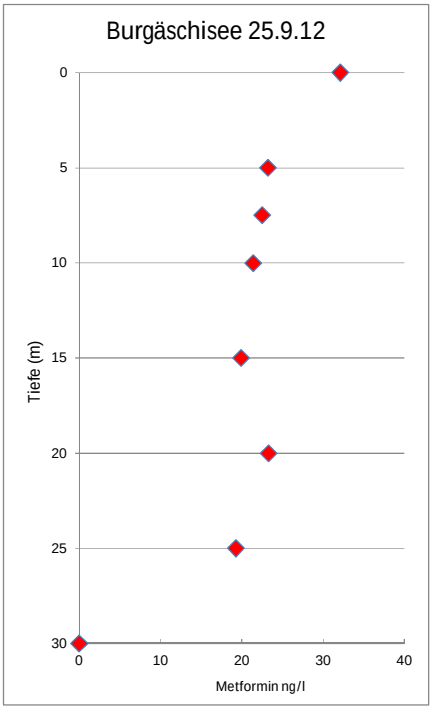


Abb. 73: Die Markersubstanzen Koffein und Metformin belegen einen Zufluss von häuslichem Abwasser in den See. Vereinzelt wurden sehr geringe Konzentrationen von Benzotriazol (einem stark verbreiteten Korrosionsschutzmittel in Geschirrwaschmittel) gemessen. Ökotoxikologisch sind die gefundenen Werte unproblematisch.

Phytoplankton

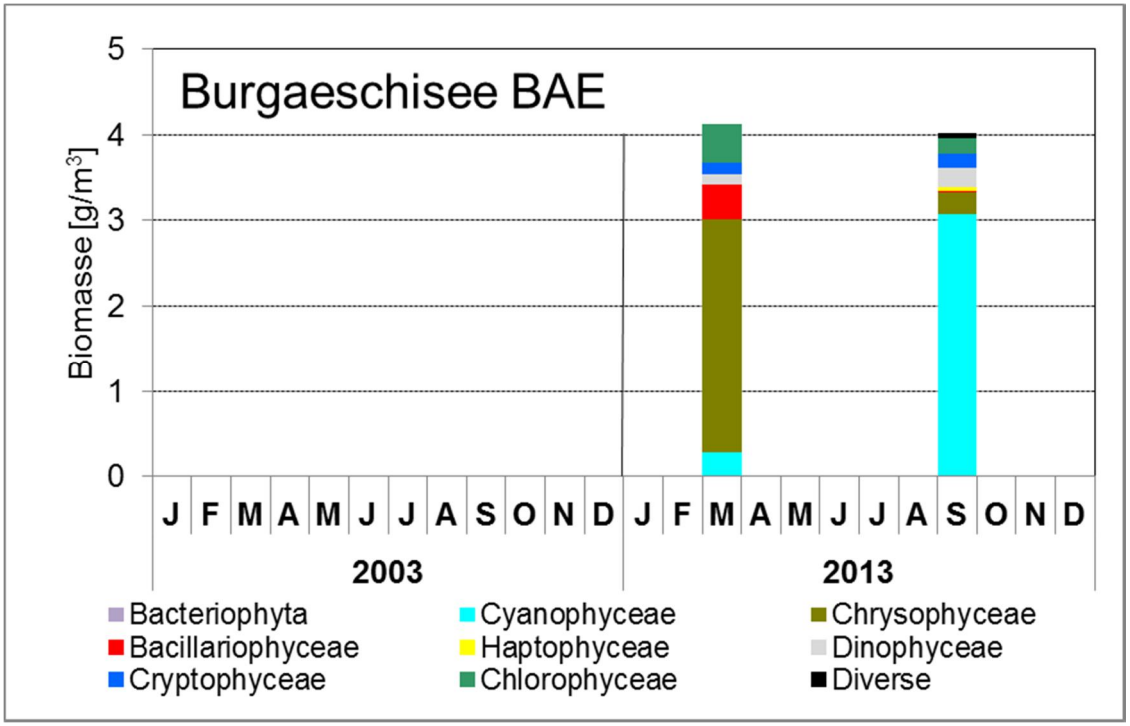


Abb. 74: Biomasse der einzelnen Algengruppen [g/m^3]

Der Burgäschisee wird zweimal pro Jahr chemisch und physikalisch untersucht. Es werden jedoch normalerweise keine Bestimmungen der Algen und der Algenbiomasse durchgeführt. Im Rahmen des Kleinseen-Monitorings wurden 2013 allerdings zwei Mischproben aus 0 - 10 m Wassertiefe entnommen, worin insgesamt 66 Taxa (38 bzw. 58) gefunden wurden. Die höchste Taxazahl erreichten die Goldalgen (*Chrysophyceae*), gefolgt von Blau-, Grün- und Schlundalgen (*Cyanophyceae, Chlorophyceae* und *Cryptophyceae*).

Im Frühjahr entwickelten sich Goldalgen, insbesondere die Art *Dinobryon divergens* massenhaft. Im Herbst bildeten die Blaualgen, vor allem *Planktothrix rubescens* (Burgunderblutalge), viel Biomasse. Auch in früheren Jahren konnten diese Algen in grossen Mengen beobachtet werden. Diese Blaualge kann unter bestimmten Bedingungen Leber- und Nervengifte bilden. In Badegewässern in Bayern wird ein Badeverbot verfügt, sobald Blaualgen die Algenbiomasse dominieren und die Gesamtzellzahl > 100'000 / ml beträgt. Dies wurde selbst im Spätherbst im Burgaeschisees nicht erreicht.

Die Bildung von Massenvorkommen einzelner Algenarten zu verschiedenen Jahreszeiten lässt sich in Gewässern mit hoher Nährstoffbelastung öfter beobachten als in Gewässern mit geringen Nährstoffkonzentrationen.

See	Jahr	Mittel [g/m^3]	Maximum [g/m^3]	natürlicher Trophiegrad (LAWA 1998)	Trophie nach BRETTUM (Spitzenwert)	Trophie nach BRETTUM (Mittelwert der Vegetationsperiode)	Trophie nach HEINONEN (Mittelwert der Vegetationsperiode)
BAE	2013	3.834	3.886	oligotroph			

Tabelle 13: berechneter natürlichen Trophiegrad und Bestimmung des heutigen Trophiegrades anhand des Mittel und Maximum der Gesamtbiomasse der Algen [g/m^3] mit verschiedenen Methoden.

Der aufgrund der Morphometrie des Sees errechnete natürliche trophische Zustand ist ein kaum mit Nährstoffen belasteter Burgäschisee (oligotroph). Drei Methoden zur Beurteilung der Trophie anhand der Algenbiomasse stufen den Burgäschisee 2013 jedoch als stark gedüngt bis überdüngt (eutroph - polytroph) ein.

Abb. 75: Die Goldalgenkolonie *Dinobryon divergens* trat im Frühjahr 2013 massenhaft auf. Sie ist typisch für kühles Wasser und gute Lichtverhältnisse. (Vergrösserung 1:400)

Abb. 76: Zwischen massenhaft auftretenden Fäden der Blaualge *Planktothrix rubescens (*Burgunderblutalge) finden sich im Herbst 2013 weitere fädige Blaualgen wie *Anabaena* und *Aphanizomenon*. (Vergrösserung 1:100)

Zooplankton (Crustaceen)

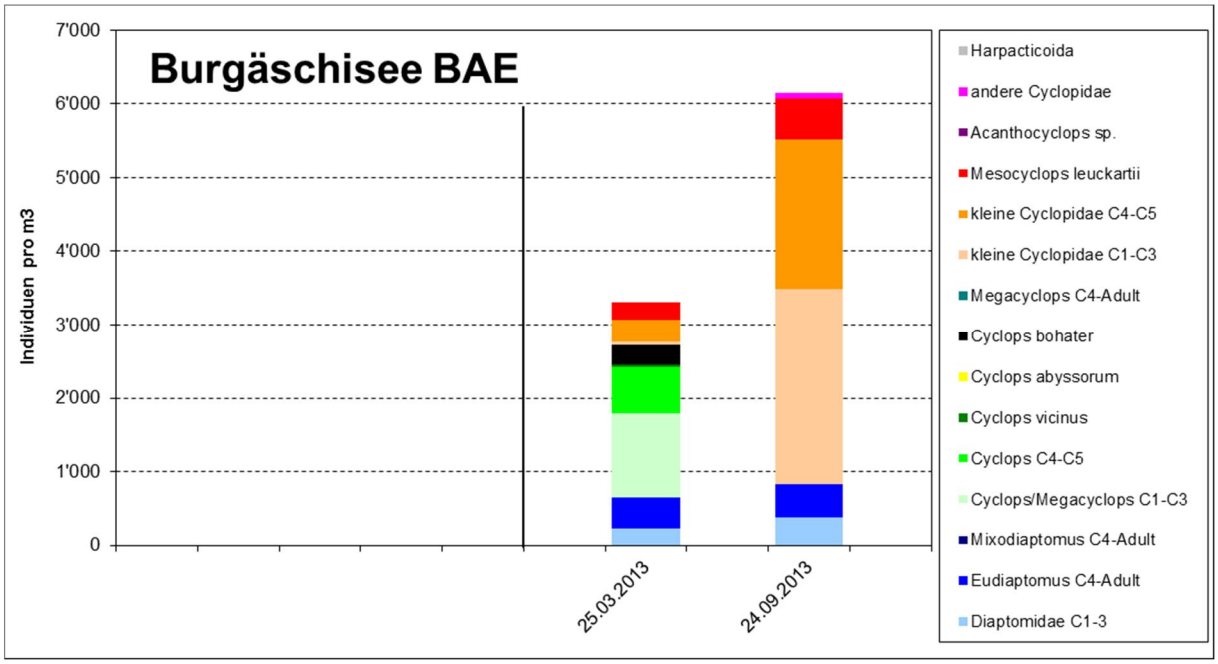


Abb. 77: Individuendichte der Ruderfusskrebse (Copepoda) im Burgäschisee 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

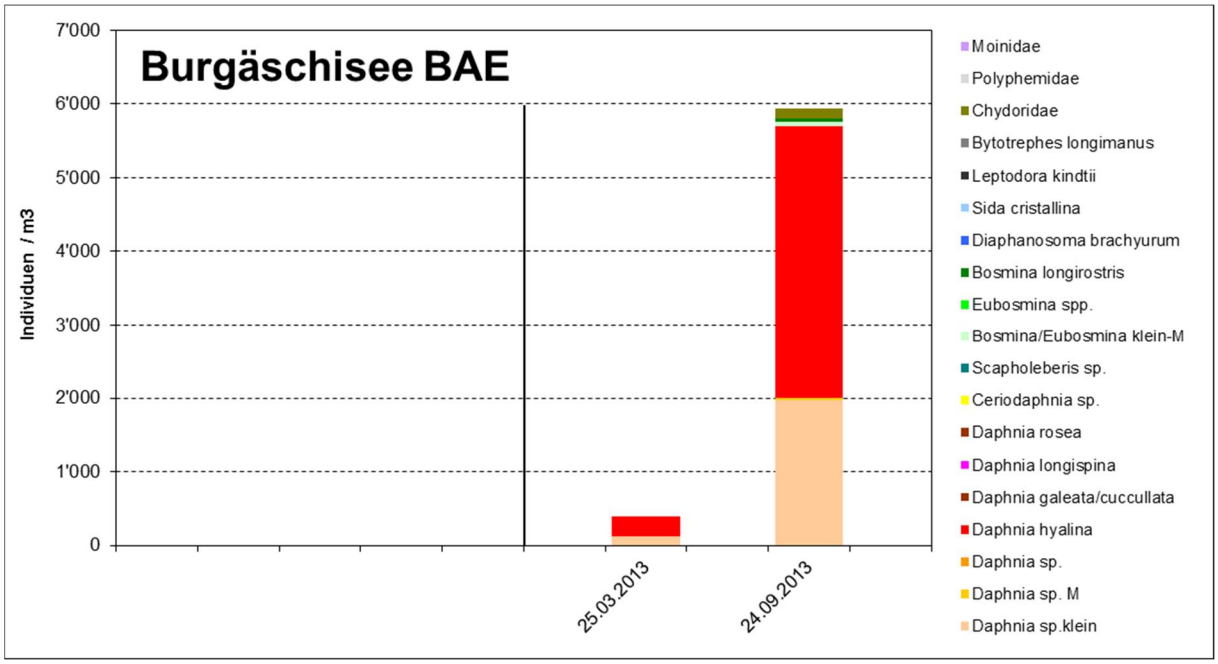


Abb. 78: Individuendichte der Blattfusskrebse (Cladocera) im Burgäschisee 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

Die maximale Crustaceenbiomasse erreichte im März 2013 mit 0.27 g/m^3 und im September mit 1.3 g/m^3 nur sehr geringe Werte, die in etwa vergleichbar waren mit den Biomassen im Bielersee und damit wesentlich tiefer als in den sonst vergleichbaren grösseren Kleinseen. Dies ist möglicherweise auf die grosse Tiefe des Burgäschisees zurückzuführen, die aber doch zum grössten Teil aufgrund von Sauerstoffmangel für Tiere nicht bewohnbar ist. Da die Crustaceenprobe in einem Netzzug vom Grund auf 30 m bis zur Oberfläche besteht, wird wahrscheinlich viel "leeres" Wasser beprobt.

Im März 2013 dominierten die grossen Hüpferlinge (*Cyclops bohater* und *C. vicinus*). Die Schwebekrebschen (*Eudiaptomus gracilis*) kamen im Frühling und Herbst vor, die kleinen Hüpferlinge (*Mesocyclops leuckartii*, ca. 5000 Ind./m^3) dominierten im Herbst neben den grossen Wasserflöhen (*Daphnia sp*., ca. 5700 Ind./m^3).
Die nur zweimalige Probenahme 2013, die geringe Abundanz und die Artenzusammensetzung des Crustaceenplanktons lassen keine eindeutige Aussage zum Trophiegrad des Burgäschisees zu.

Inkwilersee

Markus Zeh

Landeskarte 1:25'000	1127
Koordinaten Maximaltiefe BAE1	617'086 / 227'525
Höhe Seeoberfläche	461 m.ü.M.
Seefläche	10.16 ha
Maximaltiefe	4.5 m
Seevolumen	210'277 m^3
Fläche topografisches Einzugsgebiet	467.89 ha
maximale Höhe top. Einzugsgebiet	521 m.ü.M.
mittlere Höhe top. Einzugsgebiet	480 m.ü.M.

Flächenanteile Einzugsgebiet	
See	2 %
Wald	21 %
Siedlung	4 %
Landwirtschaft	65 %
unproduktive Fläche	8 %

Inhaltsverzeichnis:

1. Zusammenfassung, Handlungsbedarf
2. Nährstoff-Daten 1993, 2003 und 2013
3. Pestizide und deren Abbauprodukte
4. Phytoplankton
5. Zooplankton

Zusammenfassung

Kriterium	Zustand / Beurteilung
natürlicher Trophiegrad	eutroph
aktueller Trophiegrad	polytroph (überdüngt)
Sauerstoff	Anforderung GSchV nicht anwendbar
Phytoplankton	polytroph
ökotox. Bewertung Pestizide und Transformationsprodukte	unbefriedigend
Veränderung gegenüber 1993 und 2003	nicht feststellbar
Abwasserzufluss	deutlich messbar

Im Gegensatz zu den übrigen in diesem Bericht beschriebenen Kleinseen werden der Inkwilersee und der Burgäschisee seit mehr als 30 Jahren von den beiden Kantonen Solothurn und Bern gemeinsam zweimal pro Jahr beprobt.

Dem Phytoplankton steht im Inkwilersee gelöster Phosphor als essentieller Nährstoff im Überfluss zur Verfügung. Dies führt generell zu einem sehr starken Algenwachstum und zeitweise zu einer Massenentfaltung einzelner Arten (Algenblüten). Beim Abbau der Biomasse wird in den Sommermonaten der im Wasser gelöste Sauerstoff regelmässig und über längere Zeit vollständig aufgebraucht. Zusätzlich entstehen reduzierte Verbindungen (wie Ammonium oder Sulfid). Diese reichern sich im geschichteten See in den untersten Metern an. Der Wasserkörper ist dort einerseits vollständig sauerstofflos und weist zudem hohe Konzentrationen an z.T. toxischen Verbindungen wie Schwefelwasserstoff (H_2S, stinkt nach faulen Eiern) auf. Als Lebensraum für Fische, Krebse, Muscheln, Würmer, Insektenlarven und Plankton steht das Tiefenwasser nicht mehr zur Verfügung.

Im Spätsommer können plötzliche Temperatureinbrüche und starke Winde, z.B. bei einem Gewitter, dazu führen, dass sich der geschichtete See schnell zu mischen beginnt - er "kippt". Das sauerstofflose und mit reduzierten Verbindungen belastete Tiefenwasser verteilt sich über die ganze Wassersäule. Während das Oberflächenwasser vor der Zirkulation noch Sauerstoff enthielt, wird dieser nun durch die Verdünnung mit Tiefenwasser stark reduziert. Der geringe noch vorhandene Rest wird durch die ablaufenden Oxidationsprozesse der reduzierten Verbindungen innert kürzester Frist völlig aufgebraucht. Solange im Wasser noch reduzierte Verbindungen vorhanden sind, wird der Sauerstoff zuerst für die Oxidation benötigt. Erst dann kann sich Sauerstoff langsam wieder im Wasser anreichern. Die Zeitdauer zwischen Zirkulation - und damit sauerstofflosen Verhältnissen - und anschliessender Wiederanreicherung von Sauerstoff kann je nach Situation Stunden oder Tage dauern und im schlimmsten Fall zu katastrophalen Faunensterben führen. Im Inkwilersee war dies in den letzten Jahren gleich mehrmals der Fall. Auf Grund seiner geringen Tiefe von maximal 4.5 Metern und der hohen Algenproduktion ist der Inkwilersee prädestiniert für eine plötzlich einsetzende Spätsommerzirkulation mit den erwähnten negativen Auswirkungen.

Der Inkwilersee wäre auch unter natürlichen, vom Menschen nicht beeinflussten, Verhältnissen als hoch produktiv einzustufen. Durch den Zufluss von Phosphor und Stickstoff aus dem landwirtschaftlich geprägten und stark drainierten Einzugsgebiet sowie durch Entlastungen aus der Siedlungsentwässerung ist die aktuelle Primärproduktion gegenüber einem naturnahen Zustand allerdings deutlich erhöht. Dies beschleunigt den Prozess der Verlandung von einem offenen Wasserkörper hin zu einem Flachmoor. Die als eine der Hauptmassnahmen gemäss Sanierungskonzept der Kantone Solothurn und Bern geplante

Baggerung von Sediment in den Uferzonen vergrössert zwar den Lebensraum für aquatische Organismen und wirkt der beschleunigten Verlandung entgegen, kann aber ein Kippen des Inkwilersees auch in Zukunft nicht verhindern. Die beiden weiteren Hauptmassnahmen des Sanierungskonzeptes (Tiefenwasserableitung und Optimierung der bestehenden Rückhaltebecken) sowie verschiedene Begleitmassnahmen werden jedoch, wie die Sedimententnahme, zu einer gewissen Stabilisierung des Seezustandes führen. Damit verlängert sich zwar die Lebensdauer der Sees, stoppt aber nicht den weiterhin ablaufenden Verlandungsprozess und die damit verbundenen Veränderungen des Ökosystems.

Handlungsbedarf

Das Vorhandensein von Markersubstanzen aus der Siedlungsentwässerung belegt den Zufluss von häuslichem Abwasser in den See. Wir messen der Abwasserfernhaltung einen grossen Stellenwert bei und sehen in der vorgesehenen Entlastungsleitung in den Seebach (statt wie heute in den See) im Rahmen der regionalen Entwässerungsplanung eine äusserst wichtige Massnahme zur Verrringerung des Eintrags von Nährstoffen und Mikroverunreinigungen.

Die wirkungsbasierte Beurteilung der Wasserqualität zeigt eine unbefriedigende Situation bezüglich Pflanzenschutzmittel aus der Landwirtschaft. Die im nationalen Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (zur Zeit in Bearbeitung) aufgezeigten und für den See relevanten Massnahmen sind wo immer möglich umzusetzen. Der Eintrag von Nährstoffen aus der Landwirtschaft ist durch betriebliche Optimierungen und/oder Extensivierung weiter zu verringern.

Die verschiedenen Massnahmen des Sanierungskonzeptes sind umzusetzen bzw. fortzuführen. Die im Sommer 2013 in Betrieb genommene Tiefenwasserableitung soll weiter betrieben werden. Das Pilotprojekt zur Sedimententnahme vom Herbst 2014 hat die Möglichkeiten und Grenzen der angewandten Methoden aufgezeigt und damit die Grundlage für die Entscheide zum weiteren Vorgehen geschaffen. Die Entnahme von ufernahem Sediment sollte fortgesetzt werden.

Seephysikalische Tiefenprofile

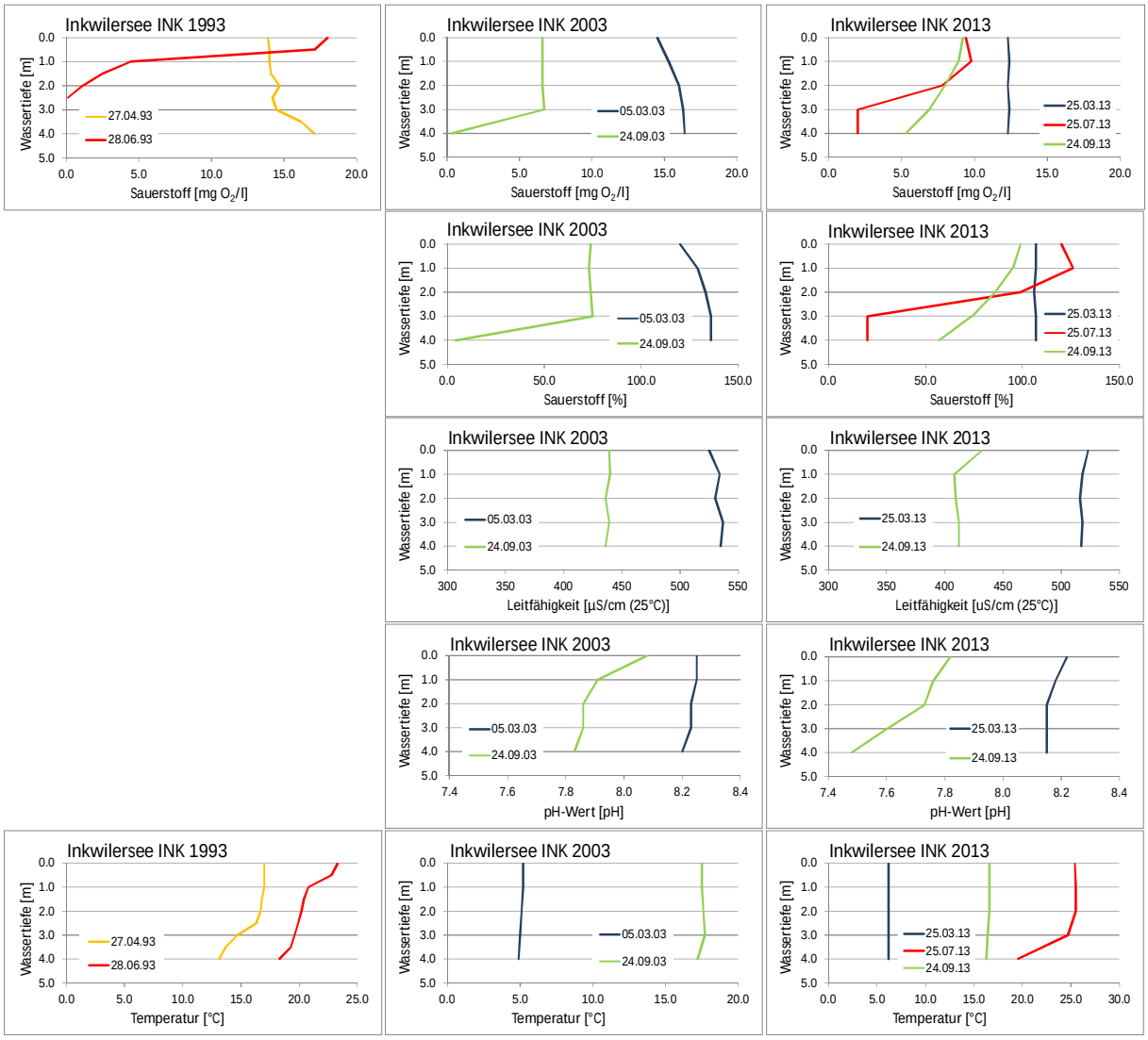


Abb. 79: Tiefenprofile, erhoben während der Messkampagnen 1993, 2003 und 2013.

Nährstoffe

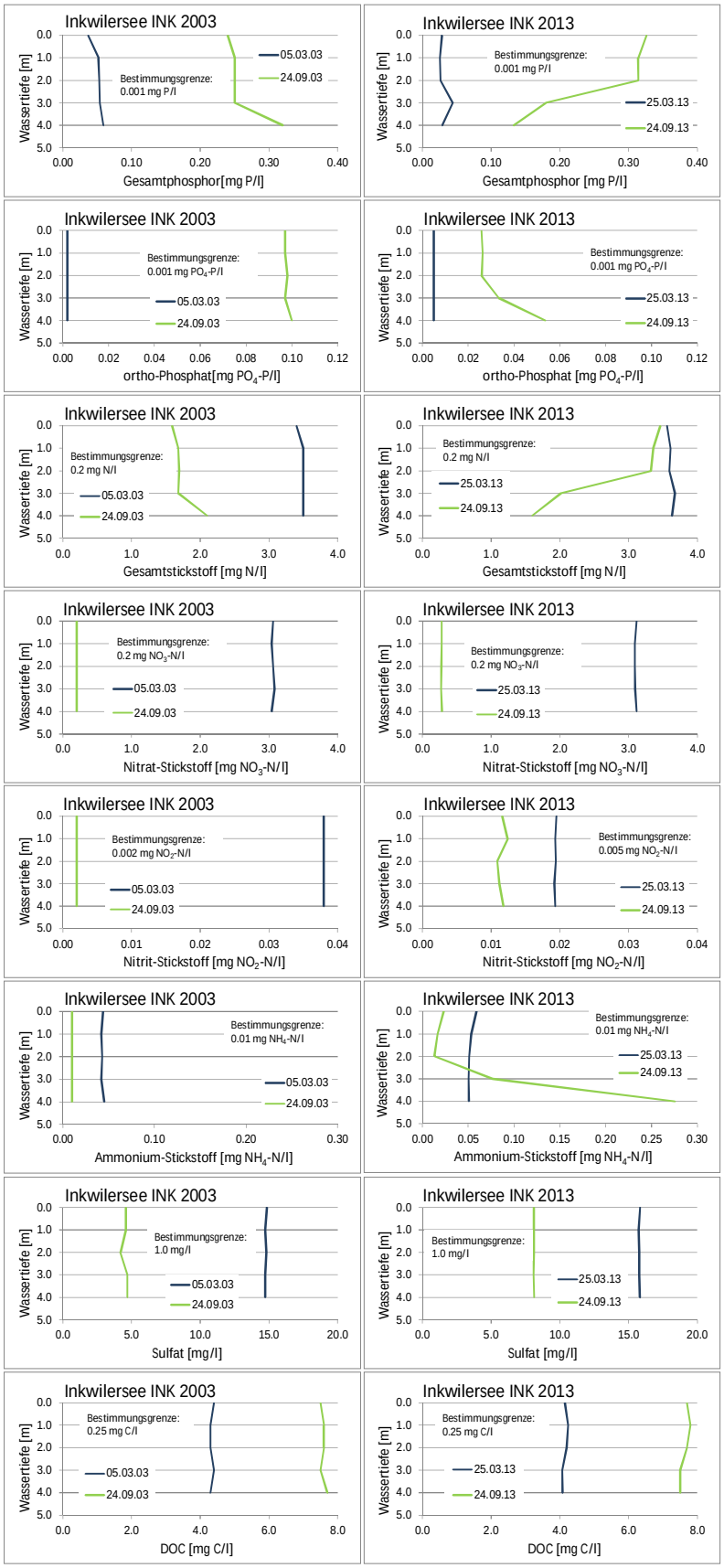


Abb. 80: Nährstoffdaten, erhoben während der beiden Messkampagnen 2003 und 2013.

Pestizide und Transformationsprodukte

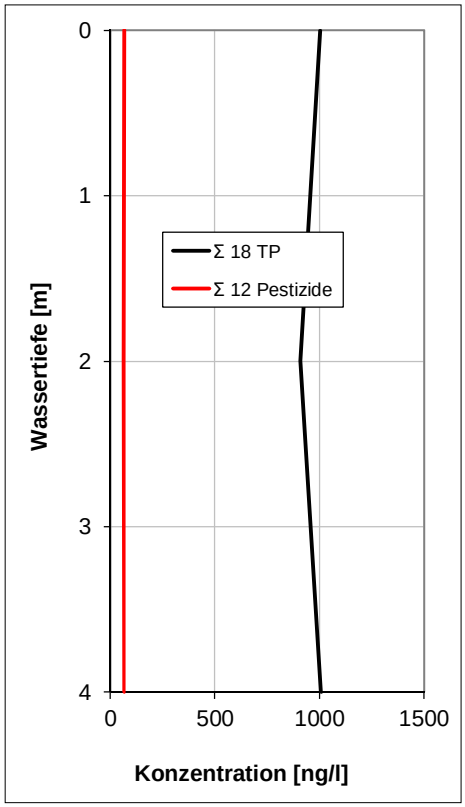


Abb. 81: Vorkommen von 12 Pestizidwirkstoffen (Summe davon als rote Linie) und die Summe der 18 dazugehörigen Transformationsprodukte TP (schwarze Linie). Bei den Pestiziden und TP ist die Summenkonzentration der jeweiligen Tiefenstufe über alle gemessenen Tiefenprofile gemittelt. Im Gegensatz zu den anderen untersuchten Kleinseen weist der Inkwilersee zeitweise in ökotoxikologisches Risiko für Algen auf, verursacht primär durch die beiden in der Landwirtschaft eingesetzten Herbizide Metazachlor und Foramsulfuron.

Markersubstanzen für häusliches Abwasser

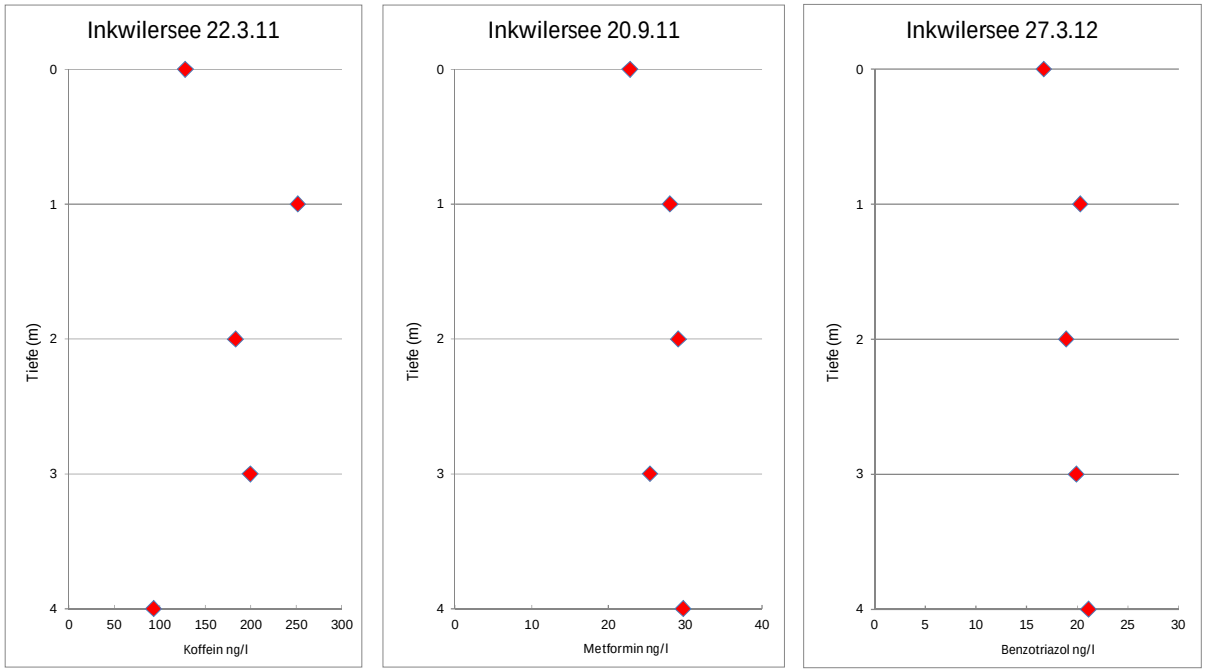


Abb. 82: Die Markersubstanzen Koffein, Metformin und Benzotriazol belegen einen Zufluss von häuslichem Abwasser in den See. Ökotoxikologisch sind die gefundenen Werte unproblematisch.

Phytoplankton

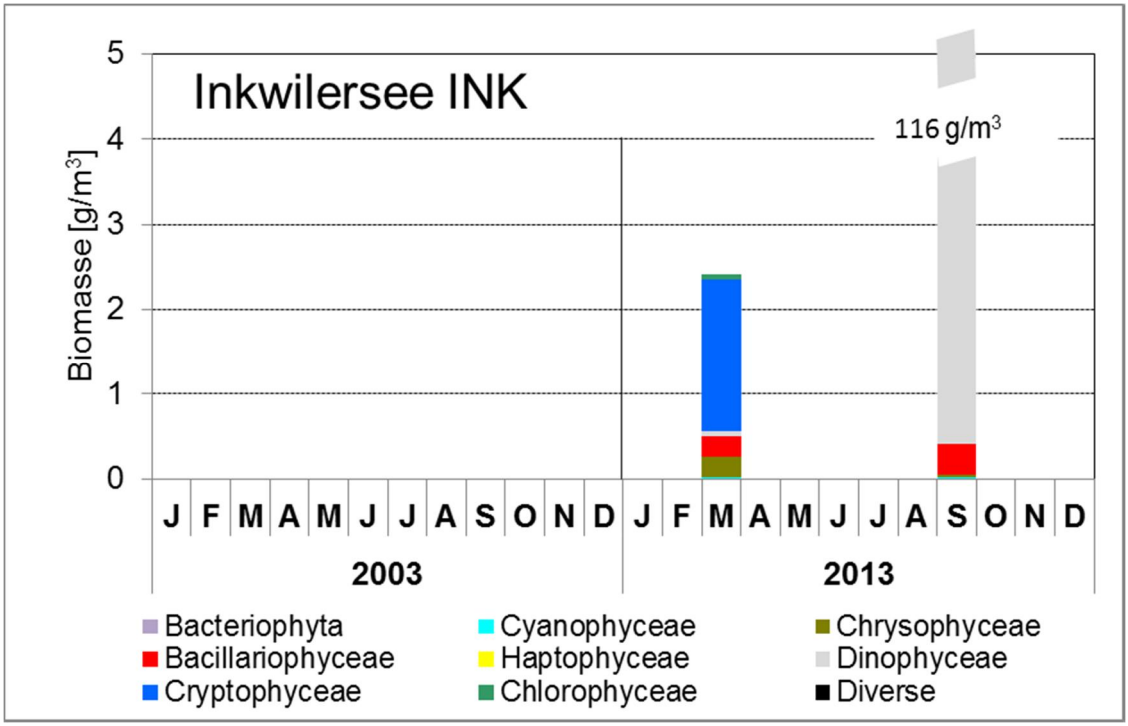


Abb. 83: Biomasse der Algengruppen

Der Inkwilersee wird regelmässig zweimal pro Jahr beprobt bezüglich Chemie und Physik untersucht. Zwei Algenproben zur Bestimmung der Taxa und der Biomasse wurden erstmals 2013 entnommen. Es wurden insgesamt 45 Taxa gefunden, wovon rund 12 (26 %) zu den Grünalgen(*Chlorophyceae*) gezählt werden. Die anderen Algengruppen sind mit 3-8 Taxa vertreten.

Grünalgen trugen jedoch kaum zur Biomasse bei. Gold- und Kieselalgen bildeten zwar einen merklichen Bestandteil der Biomasse, jedoch waren sie im Gegensatz zu anderen untersuchten Kleinseen nicht an einem Massenvorkommen der Algen beteiligt.
Im Frühling konnten sich Schlundalgen (*Cryptophyceae*) der Gattung *Cryptomonas* in grosser Menge entwickeln. Im Herbst wurde der See braun gefärbt durch eine aussergewöhnlich starke "Algenblüte" von *Ceratium hirudinella*, einem Panzerflagellat (*Dinophyceae).*

Das mehrfache Auftreten von Massenvorkommen einzelner Algenarten, insbesondere aussergewöhnlich hohe Biomassen wie im Herbst 2013, ist für Gewässer mit hohen Gehalten an pflanzenverfügbaren Nährstoffen typisch. Die Variationsbreite der zwei Biomassenproben von mehr als 100 g/m^3 ist die grösste, die in den untersuchten Kleinseen angetroffen wurde.

See	Jahr	Mittel [g/m^3]	Maximum [g/m^3]	natürlicher Trophiegrad (LAWA 1998)	Trophie nach BRETTUM (Spitzenwert)	Trophie nach BRETTUM (Mittelwert der Vegetationsperiode)	Trophie nach HEINONEN (Mittelwert der Vegetationsperiode)
INK	2013	59.914	117.582	eutroph			

Tabelle 14: berechneter natürlichen Trophiegrad und Bestimmung des heutigen Trophiegrades anhand des Mittel und Maximum der Gesamtbiomasse der Algen [g/m^3] mit verschiedenen Methoden.

Der aufgrund der Morphometrie des Sees errechnete natürliche trophische Zustand ist ein mit Nährstoffen belasteter Flachsee (eutroph). Drei Methoden zur Beurteilung der Trophie anhand der Algenbiomasse stufen den Inkwilersee 2013 jedoch als deutlich überdüngt (polytroph) ein.

Abb. 84: Die Schlundalge *Cryptomonas* hatte im Frühjahr ein Massenvorkommen. (Vergrösserung 1:200)

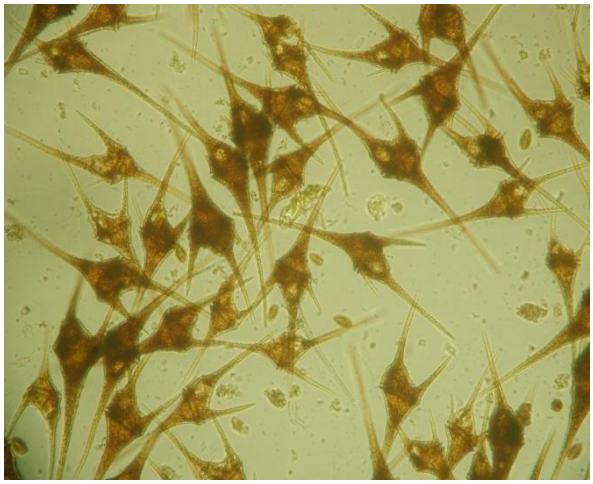


Abb. 85: Der Panzerflagellat *Ceratium hirudinella* trat in verschiedenen Jahren in extrem hohen Dichten auf. (Vergrösserung 1:100)

Zooplankton (Crustaceen)

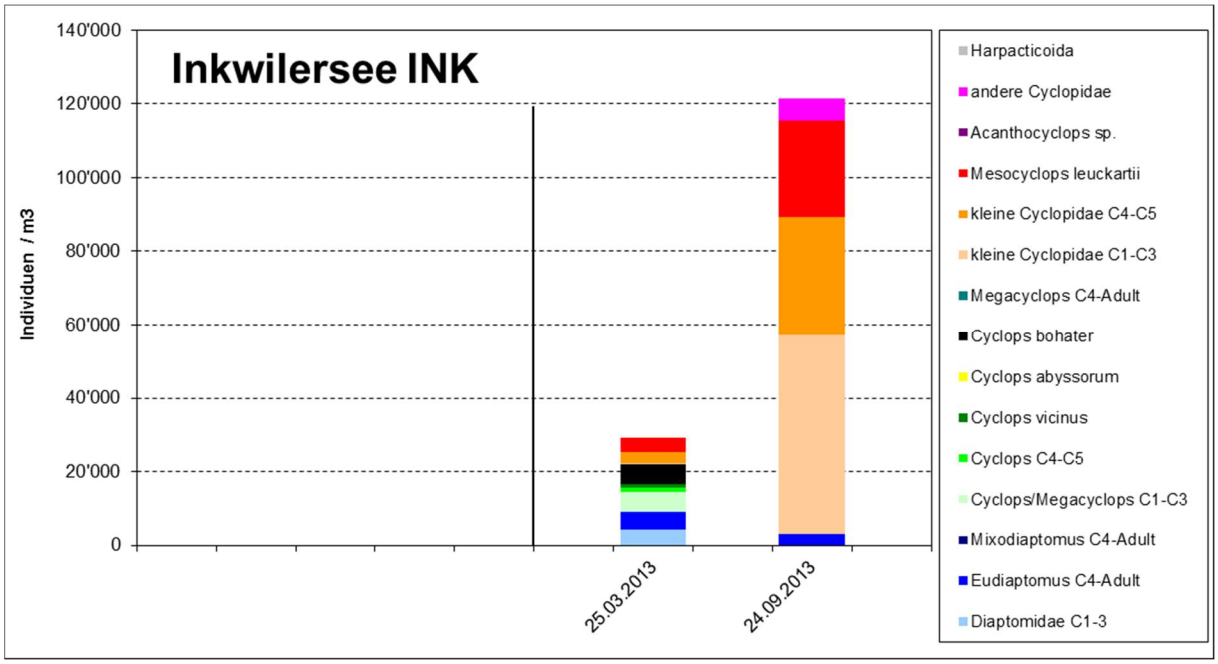


Abb. 86: Individuendichte der Ruderfusskrebse (Copepoda) im Inkwilersee 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

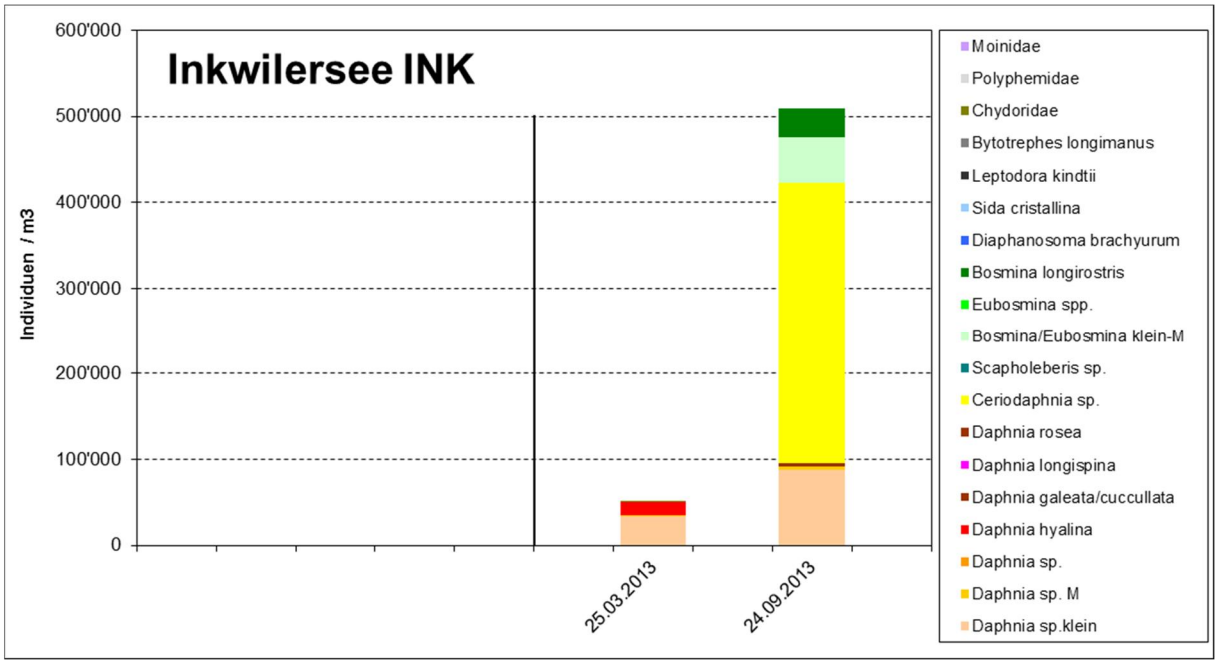


Abb. 87: Individuendichte der Blattfusskrebse (Cladocera) im Inkwilersee 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

Die maximale Crustaceenbiomasse erreichte im flachen Inkwilersee im September 2013 28.7 g/m^3 und dem ebenfalls flachen Lobsigensee vergleichbare Werte. Allerdings können mit einer nur zweimaligen Probenahme nicht die ganze Planktonentwicklung und Dynamik charakterisiert werden. Die Ergebnisse hier bieten daher nur einen Hinweis auf die tatsächlichen Verhältnisse.

Im März 2013 dominierten die grossen Wasserflöhe (*Daphnia sp*.) mit 50'000 Individuen/m^3 sowie verschiedene Ruderfusskrebse (Eudiaptomus gracilis, Cyclops vicinus und C. bohater, *Mesocyclops leuckartii*). Im September erreichten dann die kleinen Hüpferlinge (*M. leuckartii*), die Wasserflöhe (*Daphnia sp*. und *Ceriodaphnia sp*.) und die Rüsselkrebschen (*Bosmina longirostris*) insgesamt eine Abundanz von 630'000 Individuen/m^3.

Die beobachteten dominanten Crustaceenarten und die hohe Abundanz deuten auf eine hohe Nährstoffbelastung des Inkwilersee hin.

Oeschinensee

Vinzenz Maurer

Landeskarte 1:25'000	1248
Koordinaten Maximaltiefe OES1	622'110 / 149'634
Höhe Seeoberfläche	1'578 m.ü.M.
Seefläche	114.7 ha
Maximaltiefe	56 m
Seevolumen	37'420'336 m^3
Fläche topografisches Einzugsgebiet	2'208 ha
maximale Höhe top. Einzugsgebiet	3'665 m.ü.M.
mittlere Höhe top. Einzugsgebiet	2'479 m.ü.M.

Flächenanteile Einzugsgebiet	
See	5 %
Wald	1 %
Landwirtschaft	4 %
unproduktive Fläche	7 %
Gletscher	26 %
Schutt und Fels	57 %

Inhaltsverzeichnis:

1. Zusammenfassung, Handlungsbedarf
2. Seephysikalische Tiefenprofile
3. Nährstoff-Daten 2013
4. Pestizide und deren Abbauprodukte
5. Phytoplankton
6. Zooplankton

Zusammenfassung

Kriterium	Zustand / Beurteilung
natürlicher Trophiegrad	oligotroph
aktueller Trophiegrad	oligotroph (wenig produktiv)
Sauerstoff	unklar
Phytoplankton	(ultra-) oligotroph
ökotox. Bewertung Pestizide und Transformationsprodukte	sehr gut
Veränderung gegenüber 1993 und 2003	keine Daten
Abwasserzufluss	nein

Das Einzugsgebiet des Oeschinensees liegt im alpinen Bereich. Entsprechend ist die Belastung durch menschliche Aktivitiäten sehr klein. Dies widerspiegelt sich in geringen Nährstoffkonzentrationen und einem geringen Algenwachstum. Als nahezu unbelasteter Kleinsee dient der Bergsee als Referenzgewässer.

Unklar ist der Verlauf der Sauerstoffkonzentrationen im Tiefenwasser. Im Profil vom 21.10.13 wurden über Grund Sauerstoffwerte von 1.5 mg/l gemessen. Damit wäre die Anforderung der Gewässerschutzverordnung (in jeder Tiefe und zu jeder Jahreszeit mindestens 4 mg O_2/l) nicht erfüllt. Warum trotz geringer Primärproduktion eine derartige Abnahme des Sauerstoffs im tiefen Hypolimnion stattfand, lässt sich auf Grund der vorhandenen Informationen nicht sagen. Mögliche Erklärungen sind unterirdische Zuflüsse oder seeinterne Rutschungen, welche zu einer Sauerstoffzehrung führen.

Handlungsbedarf

Es besteht kein Handlungsbedarf aus gewässerökologischer Sicht. Die geringen Nutzungen im Einzugsgebiet hinterlassen im See (fast) keine messbaren Spuren.

Seephysikalische Tiefenprofile

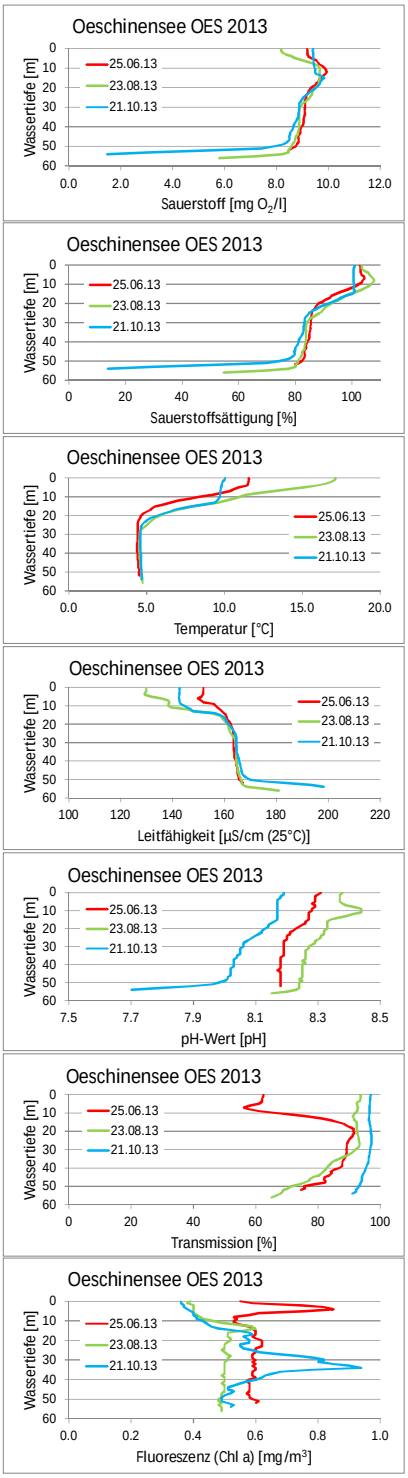


Abb. 88: Tiefenprofile 2013.

Nährstoffe

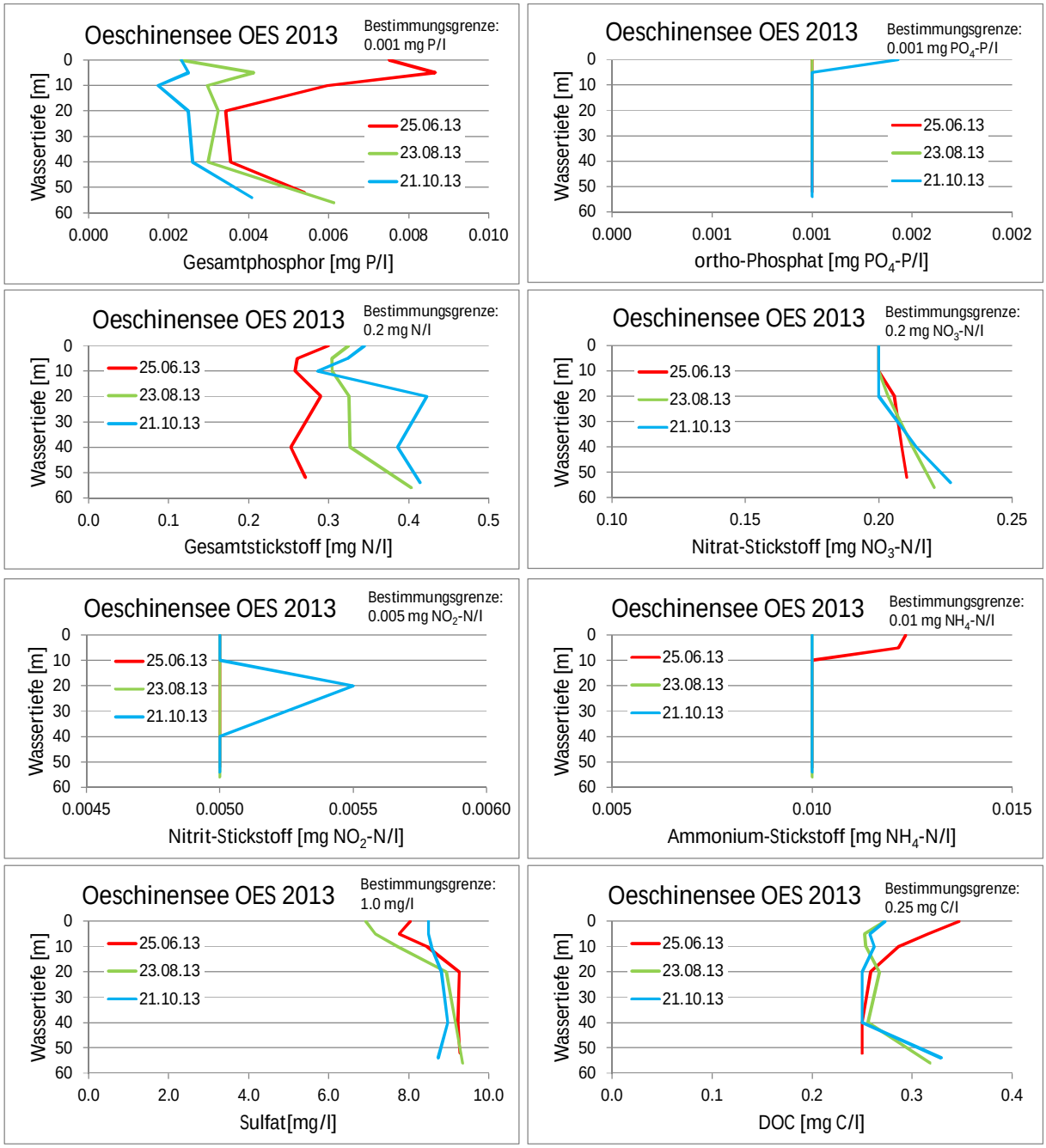


Abb. 89: Nährstoffdaten liegen nur für das Jahr 2013 vor. Ein Vergleich mit früheren Jahren ist nicht möglich. Die Daten widerspiegeln den oligotrophen (wenig produktiven) Zustand des Bergsees.

Pestizide und Transformationsprodukte

Die analysierten Pestizide und ihre Transformationsprodukte lagen im Oeschinensee alle unterhalb der Bestimmungsgrenze von 10 ng/l. Der See ist diesbezüglich unbelastet.

Kein Einfluss von häuslichem Abwasser

Erwartungsgemäss liegen die Konzentrationen der untersuchten Markersubstanzen aus der Siedlungsentwässerung unterhalb der Bestimmungsgrenze von 10 ng/l. Insbesondere wurde kein Metformin (Antidiabetikum) und kein Benzotriazol (Korrosionsschutzmittel, häufig in in Abwaschmitteln für Geschirrspühler enthalten), gefunden. Einzig beim Koffein wurden im August vereinzelt höhere Werte gefunden. Diese Ergebnisse zeigen, dass dem Oeschinensee keine häuslichen Abwasser zufliessen. Das Koffein dürfte direkt ins Seewasser gelangt sein.

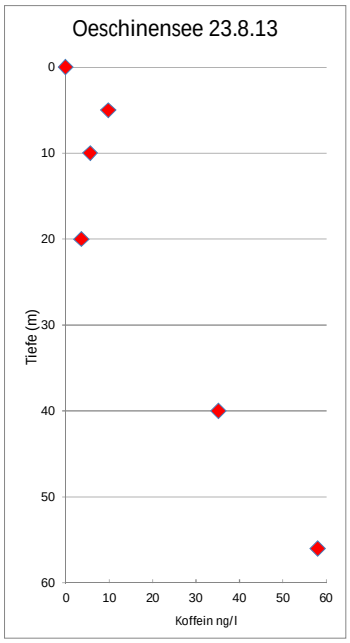


Abb. 90: Koffeinkonzentrationen im August 2013. Sämtliche anderen analysierten Markersubstanzen lagen bei allen Probenahmedaten unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Phytoplankton

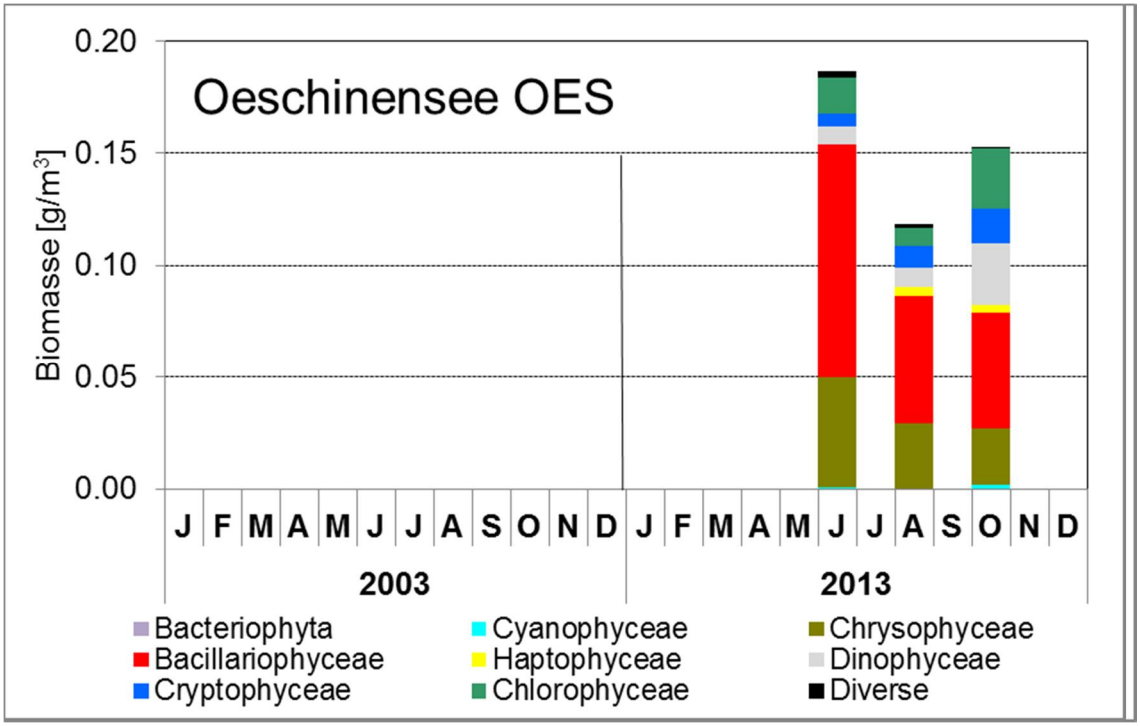


Abb. 91: Biomasse der Algengruppen.

Mit gerademal 45 Algenarten ist die Taxazahl des Oeschinensees im Vergleich zu den anderen Seen mit Ausnahme des Inkwilersees gering. Gold- und Grünalgen (*Chrysophyceae, Chlorophyceae)* weisen die meisten Vertreter auf. Am stärksten zur Biomasse tragen allerdings die Kieselalgen (*Bacillariophyceae),* gefolgt von den Goldalgen *(Chrysophyceae)* bei. Die Artenzusammensetzung ist für einen kalten Bergsee mit sehr geringen Nährstoffgehalten typisch.

Die Biomasse in einem Kubikmeter Seewasser des Oeschinensees ist im Vergleich zu derjenigen der anderen Kleinseen rund 10x geringer und vergleichbar mit derjenigen des Brienzersees.

See	Jahr	Mittel [g/m^3]	Maximum [g/m^3]	natürlicher Trophiegrad (LAWA 1998)	Trophie nach BRETTUM (Spitzenwert)	Trophie nach BRETTUM (Mittelwert der Vegetationsperiode)	Trophie nach HEINONEN (Mittelwert der Vegetationsperiode)
OES	2013	0.125	0.152	oligotroph			

Tabelle 15: Berechneter natürlichen Trophiegrad und Bestimmung des heutigen Trophiegrades anhand des Mittel und Maximum der Gesamtbiomasse der Algen [g/m^3] mit verschiedenen Methoden.

Der aufgrund der Morphometrie des Sees errechnete natürliche trophische Zustand ist ein nährstoffarmer See (oligotroph). Die verschiedenen Methoden zur Beurteilung der Trophie anhand der Algenbiomasse stufen den Oeschinensee 2013 als ungedüngt (ultraoligotroph bis oligotroph) ein. Der Oeschinensee befindet sich 2013 gemäss diesen Beurteilungskriterien in einem ausgezeichneten gewässerökologischen Zustand.

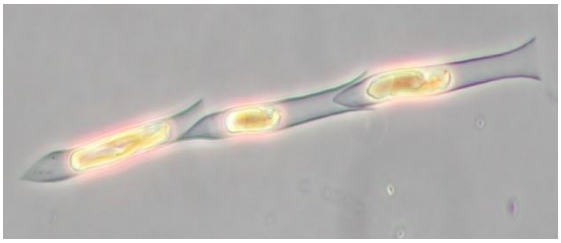


Abb. 92: Die Goldalgen-Kolonie *Dinobryon cylindricum* bevorzugt nährstoffarme, sommerkalte Gewässer wie es der Oeschinensee ist. (Vergrösserung 1:200)

Abb. 93: Die kleinen Kieselalgen der Gattung *Cyclotella* bilden oft Kolonien in Form von Ketten. (Vergrösserung 1:1'000)

Zooplankton (Crustaceen)

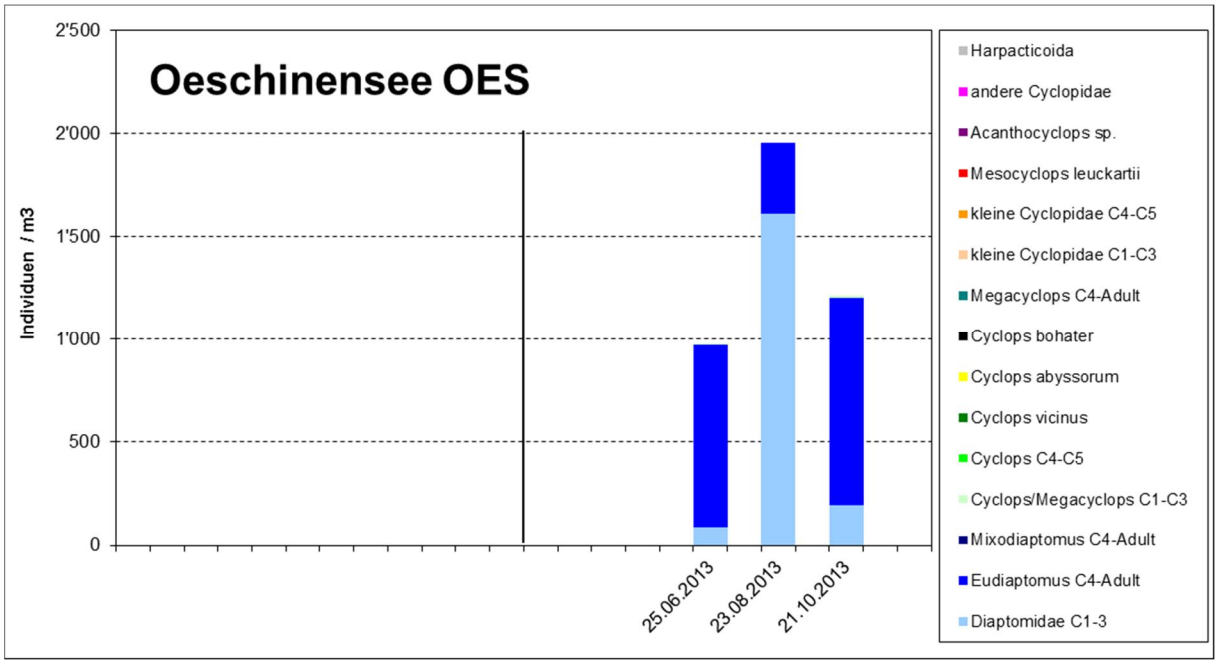


Abb. 94: Individuendichte der Ruderfusskrebse (Copepoda) im Oeschinensee 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

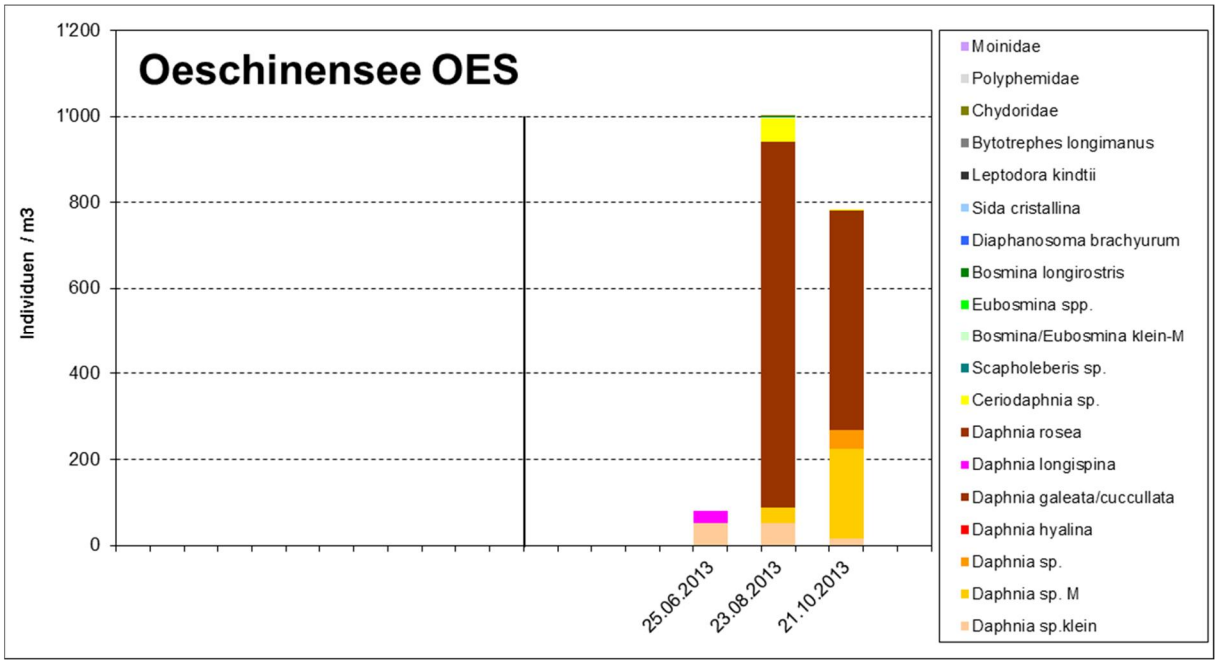


Abb. 95: Individuendichte der Blattfusskrebse (Cladocera) im Oeschinensee 2013 zusammengefasst nach den Zählkategorien.

Die maximale Crustaceenbiomasse erreichte im August 2013 mit 0.27 g/m^3 nur sehr geringe Werte, die in einem ähnlichen Bereich wie im oligotrophen Brienzersee lagen. Auch die Artenzusammensetzung ist typisch für einen oligotrophen See. Anzahlmässig dominierte während allen drei untersuchten Monaten der Schwebekrebs *Eudiaptomus gracilis*. Ganz vereinzelt konnten Jugendstadien von Hüpferlingen beobachtet werden. Bei den Blattfusskrebsen (*Cladocera*) war die für oligotrophe Gewässer typische Wasserfloh-Art *Daphnia rosea* dominant, in geringer Abundanz traten auch kleine Wasserflöhe (*Ceriodaphnia sp.*) und Rüsselkrebschen (*Bosminidae*) auf.